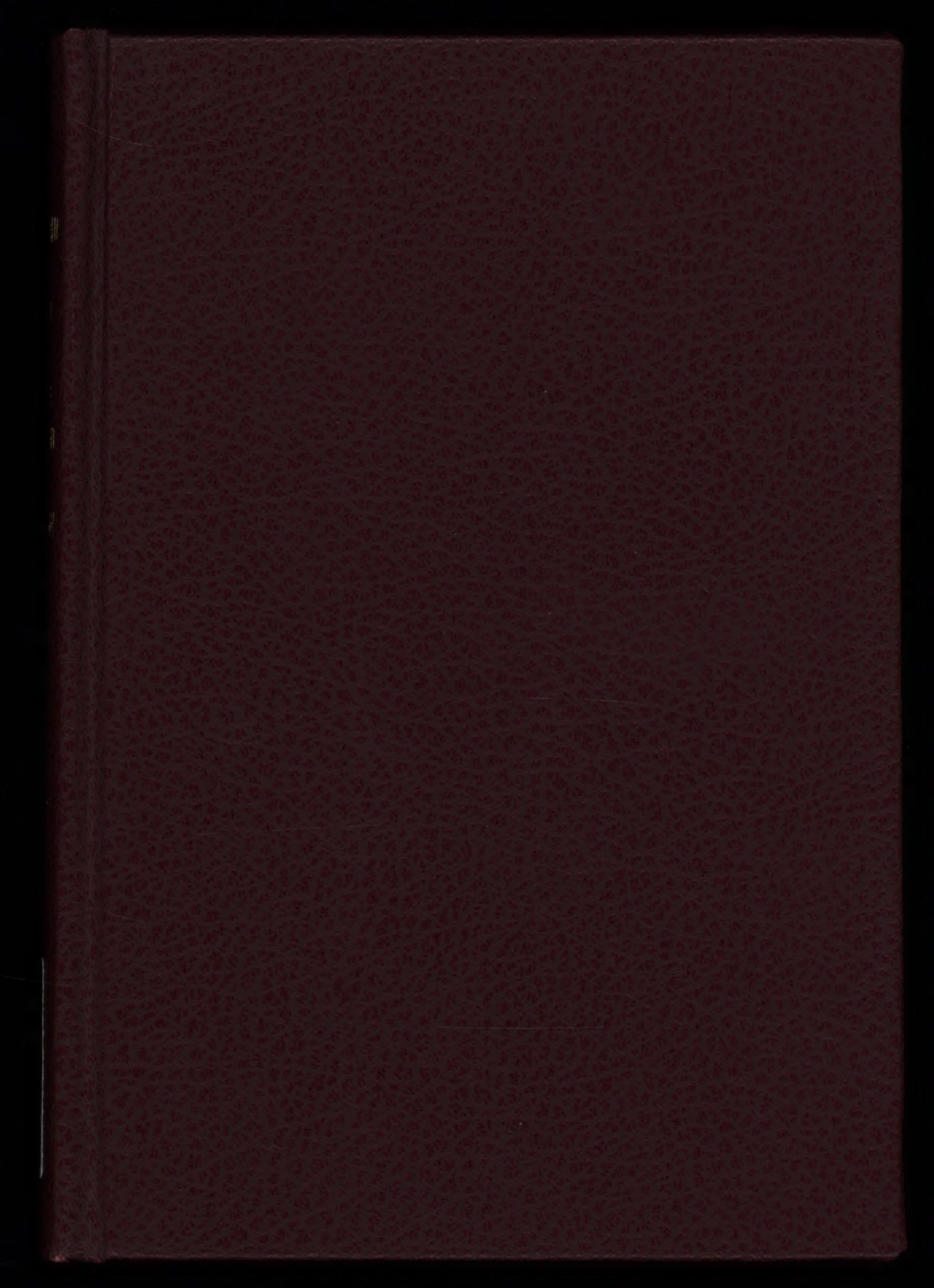
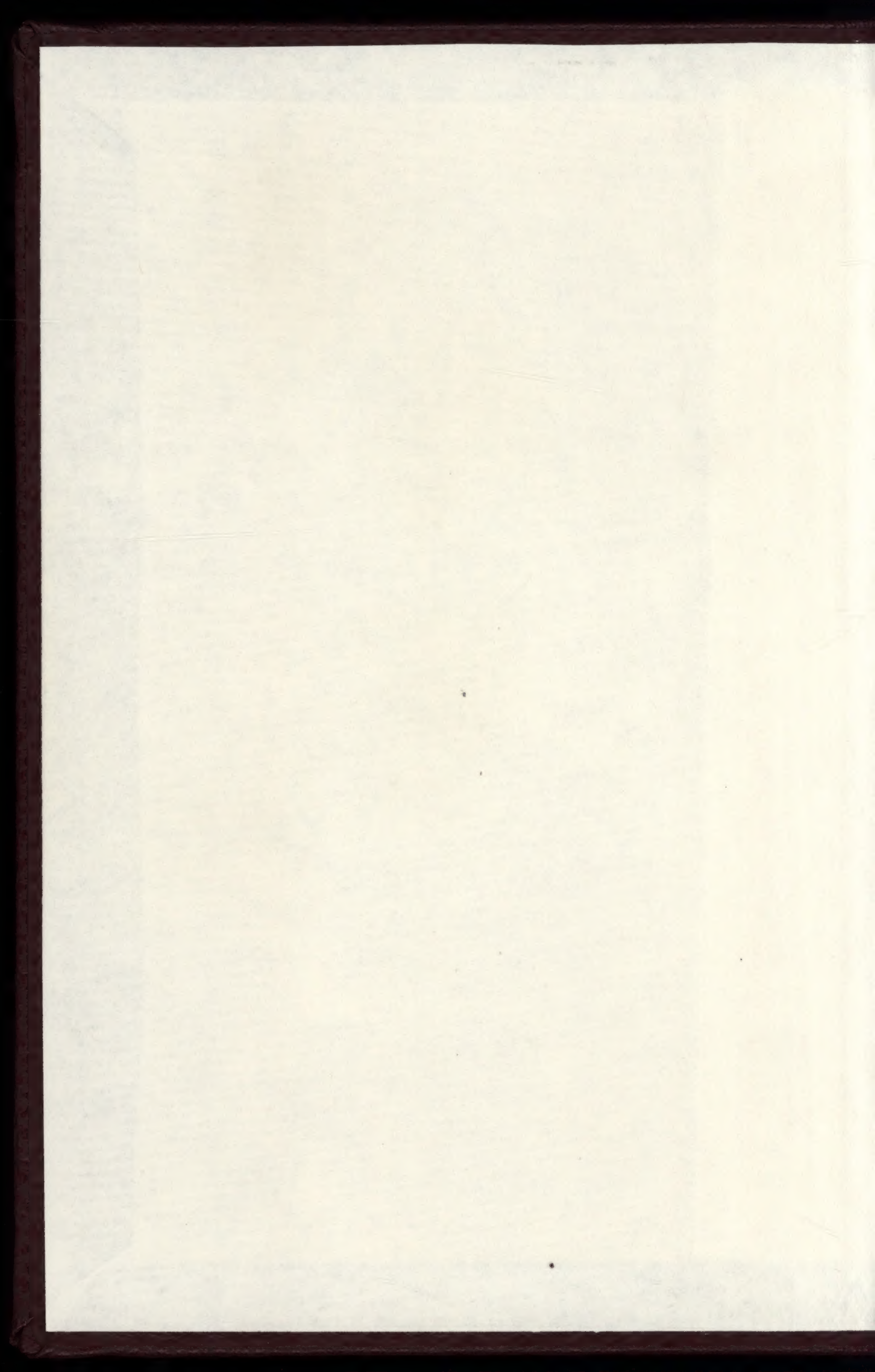
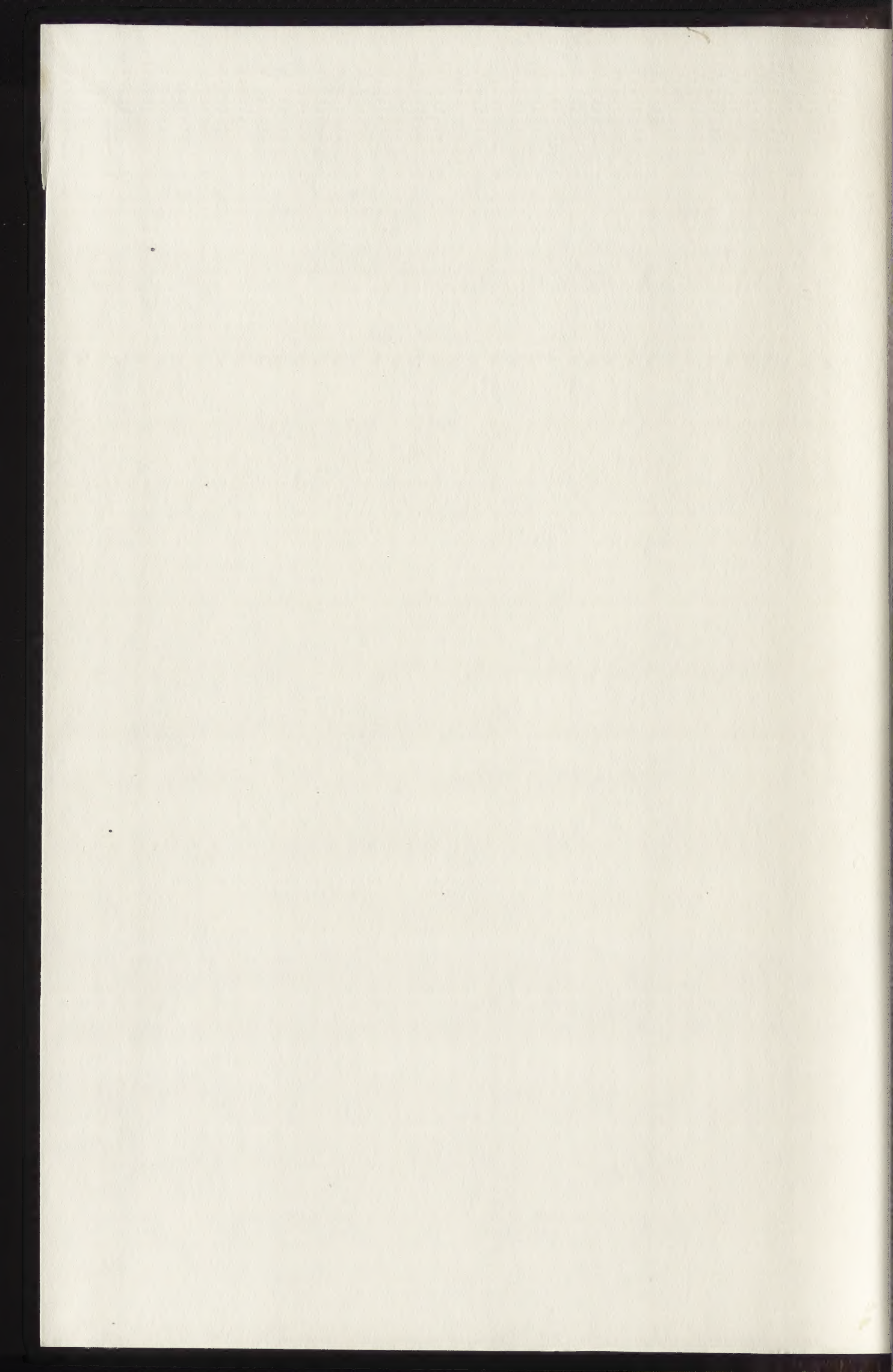
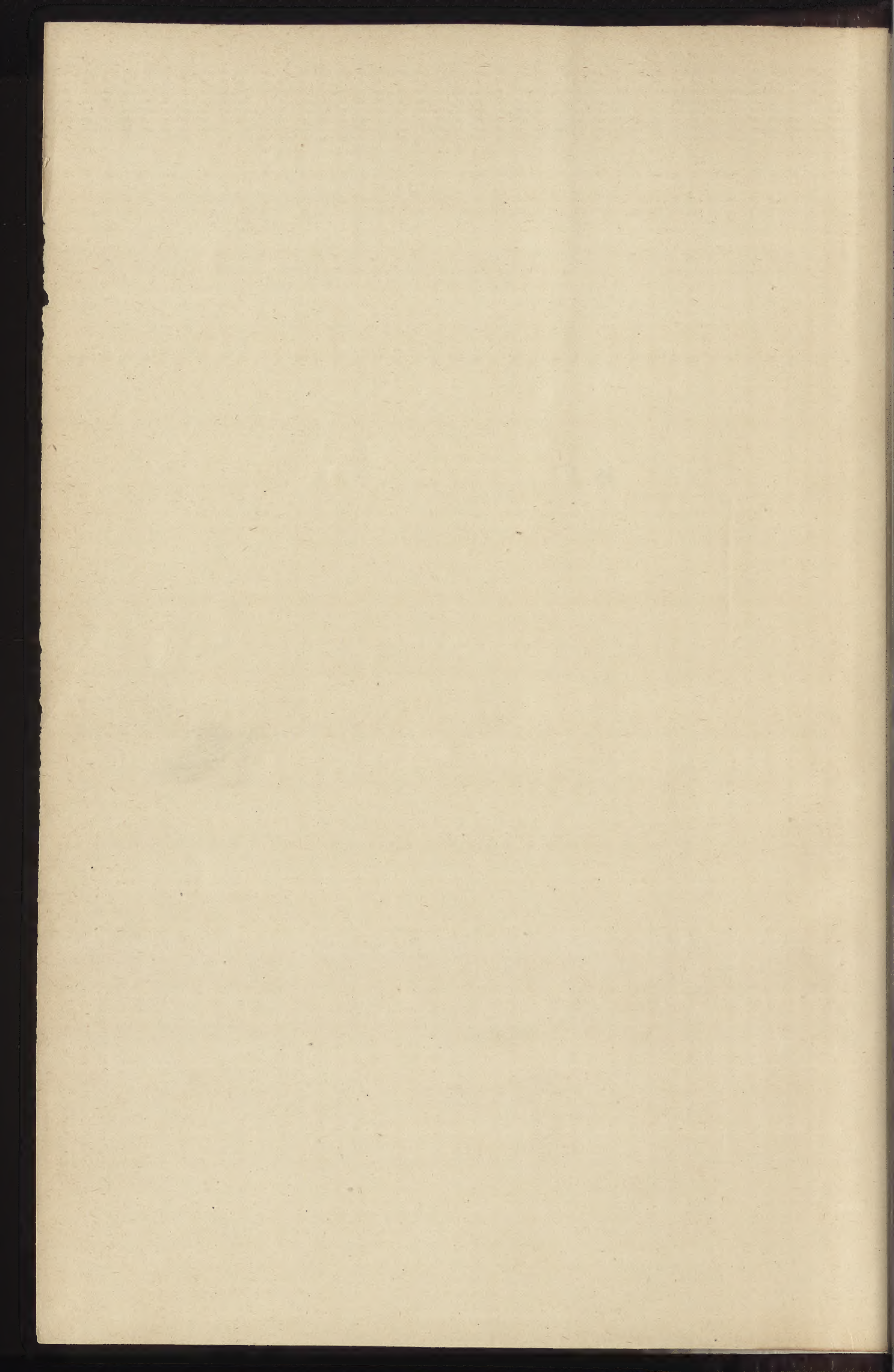










Physische und chemische Beschaffenheit

der

Baumaterialien

deren Wahl, Verhalten und zweckmässige Verwendung.

Ein Handbuch

für den Unterricht und das Selbststudium

bearbeitet von

Rudolph Gottgetreu,

Architect und ordentl. Professor an der technischen Hochschule zu München.

Dritte vermehrte und verbesserte Auflage.

In zwei Bänden.

Zweiter Band.

Mit 124 in den Text gedruckten Holzschnitten und 14 lithographirten Tafeln.

Berlin 1881.

Verlag von Julius Springer.


ALLE ZEIT WACH
1842

Seinem Freunde

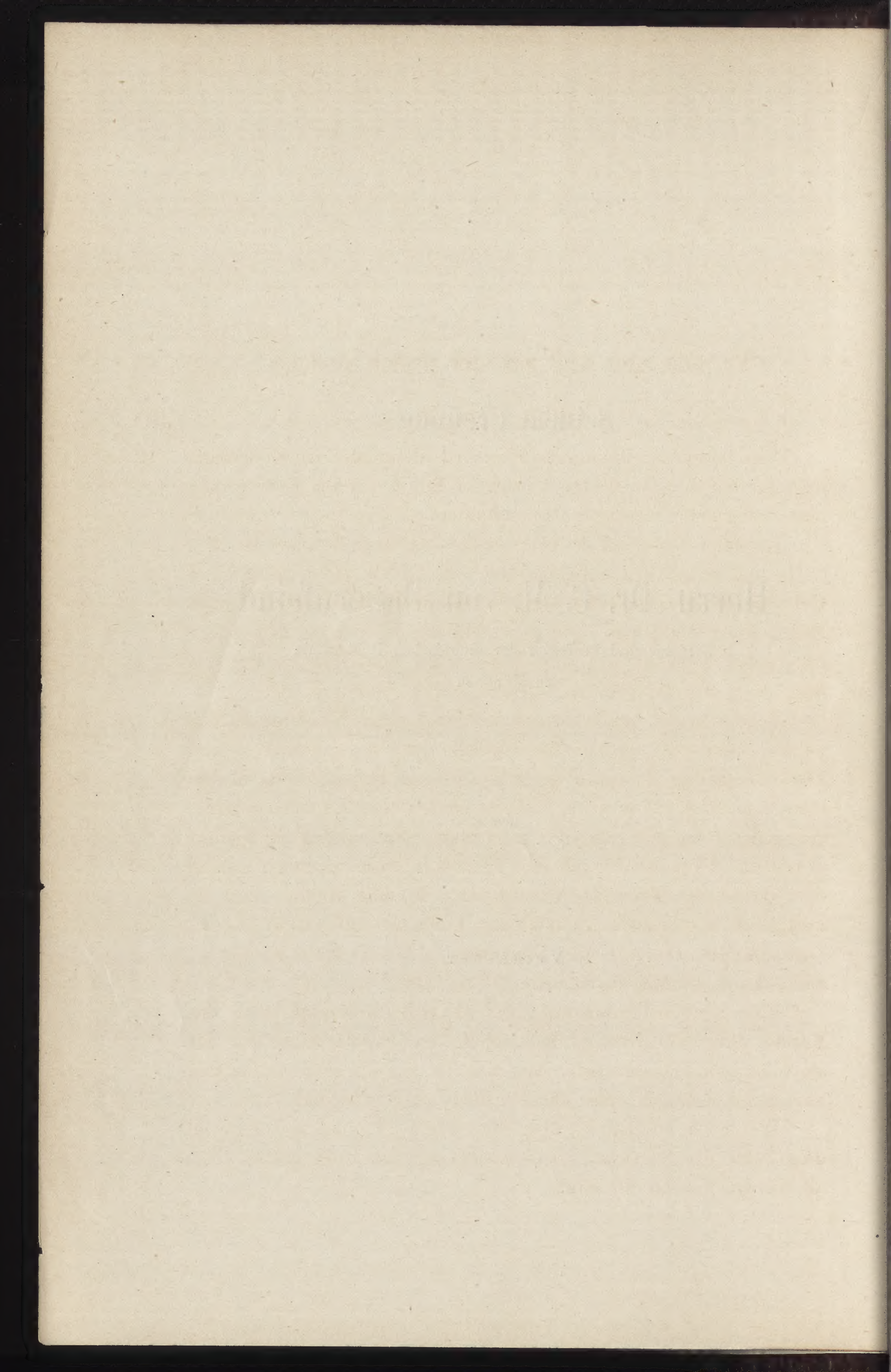
dem

Herrn Dr. C. M. von Bauernfeind

Director und Professor der technischen Hochschule
zu München

der

Verfasser.



Vorrede zum II. Bande der dritten Auflage.

Dem im vorigen Jahre erschienenen I. Bande der dritten Auflage folgt hiermit der II. Band mit seiner 7 Bogen starken Erweiterung und vielen neu eingefügten Holzschnitten.

Besonders erschien es nothwendig das Kapitel über die Metalle und namentlich dasjenige über das Eisen einer gründlichen Ueberarbeitung zu unterwerfen; hierbei wurden die bisher üblichen Bezeichnungen auf dem Gebiete der Eisenindustrie als nicht mehr zeitgemäss verlassen und jene Nomenclatur eingeführt, welche die unsicheren Begriffe von Stabeisen und Stahl beseitigt.

Ferner fanden die vielen epochemachenden Neuerungen Aufnahme, welche als segensreiche Resultate der wissenschaftlichen Forschung der Neuzeit unser Interesse in hohem Grade in Anspruch nehmen. Vor allem gehört hierher das Entphosphorisiren des Roheisens und dessen weitere Verarbeitung zu Flusseisen und Flussstahl und dem hiermit in Zusammenhang stehendem Gilchrist Thomas-Verfahren. In dem Kapitel über die Festigkeit der Metalle glaubte der Verfasser auf die Wöhler-, Launhardt-, Gerber- und Weyrauch'schen Formeln wenigstens aufmerksam machen zu müssen.

Eine weitere Vermehrung des II. Bandes machte auch das Kapitel über die Cemente nothwendig und wurde auch hier das so voluminös angesammelte Material in seinen hervorragendsten neuesten Leistungen einer näheren Beachtung unterzogen.

Wer noch Specielleres über die neuesten Errungenschaften auf dem Felde der Baumaterialien sich aneignen will, findet überall die Quellen hierfür citirt.

Allerdings hat der Stoff über die Baumaterialien zur Zeit sich ungemein angehäuft und setzt zum vollständigem Verständnisse Kenntnisse voraus, welche, ausser dem bautechnischen Theile, Partien aus der Mineralogie und Geognosie, aus der reinen und angewandten Chemie, aus der mechanischen Technologie und zum Theil auch aus der Botanik und der Metallurgie umfassen. Das äussere Gepräge dieser Disciplin ist dementsprechend ein sehr umfangreiches geworden und liesse sich nur für diejenigen weit kürzer zusammenfassen, welche die eben angeführten Hülfswissenschaften vollständig zu beherrschen im Stande sind; eine Voraussetzung, welche bei dem oft schon beklagtem, grossem Umfange der eigentlichen Fachwissenschaften kaum zulässig sein möchte.

Jedenfalls aber ist es erstrebenswerth, die Kenntnisse über unsere Baustoffe zu verallgemeinern und sie auch Kreisen zugänglich zu machen, bei welchen die Vorstudien unter dem Drange der Fachthätigkeit schon etwas verblasst sind, oder bei welchen sich der Drang geltend macht, autodidaktisch durch Selbststudium sich darin weiter auszubilden.

Um die gesammte Baumaterialien-Lehre jedoch für den Unterricht an unseren technischen Hochschulen nutzbar zu machen, ist es allerdings nothwendig die bereits vorhandenen Vorstudien zu berücksichtigen und möchte es sich hierbei wohl hauptsächlich nur darum handeln, den Studirenden ein allgemeines aber interessantes Bild von dem Standpunkte zu geben, auf welchen die Technik der Baustoffe gegenwärtig angelangt ist.

Die über die Baumaterialien-Lehre erst kürzlich ausgesprochene Ansicht, dass diese Disciplin in ihrem äusseren Gepräge wenig ausgesprochenes und einheiliches nachweise, hat den Verfasser nicht zurückgeschreckt, nach dem Vorbilde Fr. Accum's vom Jahre 1826 die Baumaterialien einer zeitgemässen Bearbeitung zu unterwerfen und hofft damit auch weiteren Anklang zu finden.

München, im März 1881.

Der Verfasser.

Inhalts-Verzeichniss.

Seite

D. Die Metalle 1

Das Eisen (Geschichtliches) 2

Eintheilung des Eisens 4

Vorkommen des Eisens 6

I. Gewinnung des Roheisens 8

Hohofenprozess 8

Das Rösten 9

Gasröstofen von Westmann 9

Hohofen 11

Hohofen von Büttgenbach 13

Steinkohlenhohofen von Ferrie 14

Hohofen von Brown 14

Tabelle über Hohofendimensionen 15

Hohofenbetrieb 15

Reduktion, Kohlung, Schlackenbildung 16

Weisses Roheisen 18

Graues Roheisen 19

Das Entphosphorisiren des Roheisens 21

Anwendung des Roheisens 24

Flammofen, Kupolofen 25

Kupolofen von Krigar 26

- - Ireland 26

Sandguss 27

Lehmguss 27

Schalenguss, Schwenkguss, Centrifugalguss 28

Imprägnirung der Gussformen 28

Ueber Qualitätbestimmung 29

Die Bearbeitung nach dem Gusse und das Adouziren . . 29

Hämmerbares Gusseisen 29

Schutz des Eisens gegen Rost 31

Gewicht grosser Gussstücke 32

Schwindmasse 33

Seite

Dimensionen und Gewicht gusseiserner Gasröhren 33
Tabelle gusseiserner Flanschenröhren und T-Stücke . . . 34
Gusseiserne Dachplatten 35
Verwendung der Hohofenschlacken und der Schlackenwolle 35

II. Schmiedbares Eisen 37

A. Schmiedeeisen (nicht härtbar mit 0,4 bis 0,5 pCt. Kohlenstoff) 37
Die Gewinnung des Stab- und Schmiedeeisens . . 37
Der Frischprozess 38
Frischherd 41
Das Puddeln 41
Puddelofen 42
Feinkorneisen 43
Dank's rotirender Puddelofen 44
Siemens rotirender Puddelofen 45
Windfrischen 46
Bessemer Apparat 47
Das Zängen, Walzen, Schweissen 48
Die Farbe des Schmiedeeisens 49
Gefüge (das Krystallinischwerden) 50
Kalt-, roth-, faulbrüchiges und verbranntes Eisen 52
Schweissbarkeit des Eisens 53
Das Rosten des Eisens 53

Eisensorten, im Handel vorkommend, mit Tabellen 54
Flacheisen (Reife, Hufstäbe, Ring- und Spann-Eisen . . . 54
Rundeisen 57
Vierkanteisen 57
Gewalztes Nageleisen 57
Bandeisen 58
Gewalztes Qualitäteisen 59
Kurzes geschmiedetes und gewalztes Reifeisen 59
Geschmiedetes Stabeisen 60
Materialeisen 60
Fenster- und T-Eisen 61
Winkeleisen, Leisteneisen 61
Ovaleisen, Lascheneisen, Hülfsbahnschienen 61
Rollwagenräder 61
Axenlager, Schienenräder, E-Eisen, Façoneisen 62
Doppelt T-Eisen, Eisenbahnschienen 62

B. Stahl (härtbar mit 0,6 bis 1,5 pCt. Kohlenstoff) 69
Schweissstahl (Wolfsstahl, Ofenmundsstahl) 70
Rohstahl 70
Puddelstahl 71
Cement- oder Brennstahl 71
Blasenstahl 72
Cementirofen 73
Flussstahl (Bessemer Prozess) 73

Seite

Flussstahl (Siemens-Martin Prozess) 75
Titan-, Silber-, Chromstahl 76
Raffiniren des Stahls 77
Textur, Härte, Federkraft des Stahls 78
Anlassen des Stahls 80
Verbrannter und regenerirter Stahl; spezifisches Gewicht 82
Prüfung des Stahls, Härten 82
Anwendung des schmiedbaren Eisens 84
Stahlguss, Siemens Gasschmelzofen 85
Eisenbleche 87
Stärken-Skala der deutschen Blechlehre 89
Wellenblech 90
Dillinger Buckelplatten 92
Schutz gegen Rosten (Verzinnen, Verbleien, Verzinken, Verkupfern etc.) 93
Eisendraht 98
Deutsche Drahtlehre 100
Verzinkte Telegraphendrähte 101
Nägel (geschmiedete) 102
Drahtstifte 104
Das Kupfer (Geschichtliches) 107
Kupfererze 108
Gewinnung des Kupfers in Schachtöfen 110
Garmachen auf dem Rosettenherd 113
Der Kupferflammofen 114
Das Hammergarmachen 116
Cementkupfer 118
Eigenschaften des Kupfers, spezifisches Gewicht 119
Kupferblech, Kupferdraht, kupferne Nägel 120
Das Zink (Geschichtliches) 122
Zinkerze 123
Zinkgewinnung 124
Der Tiegelapparat 125
Die Destillation in horizontalen Röhren (belgische Methode) 125
- - - Muffeln (schlesische Methode) 126
Das Umschmelzen des Tropfzinks 129
Kaufzink, Gusszink, Eigenschaften, spezifisches Gewicht . 129
Zinkblech (Stärke-Skala) 130
Zinknägel, Zinkgusswaaren 133
Verkupfern des Zinks 135
Das Zinn. (Geschichtliches; Zinnerze) 138
Zinnproduktion 138
Bergzinn, Seifenzinn 139
Banka- und Malakkazinn, Blockzinn 140
Das Blei (Geschichtliches) 141
Bleierze 141
Der Röst- und Schmelzprozess 142

Seite

Der amerikanische Bleiherd 144
Der Röst- und Reduktionsprozess 145
Der Eisen - Reduktionsprozess 146
Das Abtreiben auf dem Treibherde 147
Das Pattinsoniren 147
Das Raffiniren, Weichblei, Hartblei 148
Farbe, Eigenschaften, spezifisches Gewicht 148
Anwendung, Bleiröhren 149
- von Mantelröhren 150

Die Legirungen 151

1. Legirungen aus Kupfer und Zink 151
Das Messing 151
Beizen, Gelbbrennen, Mattiren 153
Tafelmessing, Rollmessing 155
Messingdraht 155

2. Legirungen aus Kupfer und Zinn 156
Die Bronze 156
Kanonengut (Stückgut) 157
Stahlbronze 157
Glockenmetall (Statuenbronze) 158
Künstliche Patina 159
Bronzeschmelzofen 161

3. Legirungen aus Kupfer, Zinn und Phosphor 162
Phosphorbronze 162
Eigenschaften, Festigkeit 163
Aluminiumbronze, Manganbronze 164
Neusilber, Gold- und Silberimitation 165
Nickel, Britanniametall, Lagermetall 166
Metaline 167

Gewicht, Ausdehnung, Elasticität und Festigkeit der Metalle . 168
Spezifisches und absolutes Gewicht (Metallplatten) . . . 168
Gewichtstabellen für gusseiserne Röhren 169
Ausdehnung der Metalle 170

Die Festigkeit der Metalle 171
Elasticitätsgrenze und Modul 171

A. Absolute und rückwirkende Festigkeit 174
Zugfestigkeit bei Drähten und Blechen 178
Zugfestigkeit der Drahtseile 180
Tabellen für runde und Flachseile 182
Zugfestigkeit von Last- und Triebketten 183
Zugfestigkeit von Ring- und Stegketten 185
Berechnung der Metallröhren auf inneren und äusseren Druck 186
Inanspruchnahme von Schrauben 191
Neue Formeln nach dem Wöhler'schen Gesetze 191
Arbeitsfestigkeit und Schwingungsfestigkeit . . . 192 u. 193
Beanspruchung auf Zug und Druck (nach Dr. Weyrauch) . 194

Seite
Beanspruchung auf Zug und Druck (nach Gerber) . . . 195
B. Die relative Festigkeit 196
Das Trägheitsmoment, die Tragkraft 196
Tabellen für die wichtigsten Querschnittsformen 198
Träger von gleicher Biegungsfestigkeit 201
Querschnitte von gleicher Festigkeit 203
Die elastische Linie und die Einsenkung der Balken . . 204
Tragfähigkeit der doppelt T-Träger 206
- - Eisenbahnschienen 209
C. Festigkeit gegen Zerknicken 209
Bei verschiedener Einspannung 210
Zulässige Belastung gusseiserner Säulen 212
D. Die Schub- oder Abscherungs-Festigkeit 214
Die Schnittfestigkeit der Nieten 215
Zulässige Beanspruchung für Schub (nach Dr. Weyrauch) 220
E. Die Torsionsfestigkeit 220

II. Hauptgruppe. Verbindungsmaterialien.

A. Die verschiedenen Mörtelarten.

1. Der Lehmmörtel 227
2. Der Kalkmörtel (Geschichtliches) 229
Kalkbrennen 237
Der reine kohlensaure Kalk 237
Der gebrannte Kalk 238
Das Brennen in Feldöfen 239
Liegende Kalköfen 240
In München übliche Kalköfen 242
Kalkofen von Baumeister Fink 243
Kontinuirlicher Kalkofen am Oberrhein 245
Rüdersdorfer Kalkofen 246
S. Hofmann'scher Kalkofen 248
Gaskalkofen von H. Siemens und F. Steinmann . . . 249
Kalkofen von J. R. Swann 251
Gaskalkofen von O. Fahnejelm 254
- - C. Nehse 255
Gasringofen von Escherich 256
Der gebrannte Kalk 258
Das Kalkhydrat und das Gedeihen des Kalkes 259
Das Löschen des Kalkes und das Einsumpfen 260
Mörtelmaschinen 262
A. Luftmörtel (Kalk, Sand, Wasser) 263
Mischungsverhältniss von Sand und Kalk 264
Mörtelmischungen nach Wolfram 264
Psammometer von Hauenschild 265
Dr. Ziurek' Abhandlung über Mörtel 266
Mörtelmischungen von Prof. Manger 268

Seite

Mörtelerhärtungsprozess 269
Sparkalk 271
Mörtel mit Thon - Kiesel - Kalk - Bindemittel 271
- aus Kalk und Portland - Cement 272
Die Cementkalkmörtel nach Dyckerhoff 273
Loriot'scher Mörtel 274
Mörtel von Dr. Artus 276
Andere Mörtelrezepte 277
Schwarzer Kalk nebst chemischer Analyse 278

B. Wassermörtel, hydraulischer Mörtel, Cementmörtel.

Hydraulisches Verhalten der einzelnen Stoffe 279
Chemische Gesammtwirkung nach dem Urtheil verschiedener Autoritäten 282
Neuere Anschauung von Knapp und Erdmenger 285
Verhalten der dolomitischen Kalke 286
Aufschliessen der kieselsauren Thonerde durch Feuer . . 286

1. Bereitung des Wassermörtels mittelst fetten Kalkes und Zuschlägen (Cementen im engeren Sinne) 288
   1. Puzzolane 289
   2. Trass- oder Duckstein 289
   3. Santorinerde 291
      Zuschläge von Diorit, Basalt, Lava etc. 291
   4. Ziegelmehl 291
      Hohofenschlacke, Aschen von Steinkohlen etc. . . 292
2. Die natürlichen hydraulischen Kalke (Romancemente).
   a) Romancement 294
   b) Cement aus Mergelkalken 295
      Analysen derselben 296
      Brennen und mahlen 300
   c) Cement aus dolomitischen Kalken und Magnesit, Magnesia in ihren hydraulischen Eigenschaften . 301
      Dolomitische Kalke und Dolomite 302
      Albolith 303
   d) Barytcement 304
   e) Scotts Selenitmörtel 304
   f) Cement aus Mergelerde 306
3. Bereitung des Wassermörtels durch künstl. Gemenge von Kalk und Thon (Portlandcemente).

Englische Methode 307
Analysen von Portlandcementen 308
Das Rohmaterial und dessen Behandlung 309
Schachtofen zum Brennen von Portlandcement 310
Kontinuirlicher Schachtofen von A. Tomai 312
Das Mahlen des gebrannten Produktes 314
Das Ablagern frisch gebrannter Portlandcemente . . . 315

Seite

Schnell- und langsambindende Cemente 316
Das spezifische Gewicht der Portlandcemente 317
Das sogenannte Treiben 318
Erproben des Treibens 319
Mörtelbereitung aus Portlandcement 320
Ausgiebigkeit des Mörtels 322
Erhärtung des Portlandcements 323
Mörtelmischungen 324
Portlandcement - Fabrikate von Dyckerhoff 325
Anstriche auf Portlandcement 326
Medina - Cement 327
Cement nach Ransome 328
Weisser Cement nach Fahnejelm 329
Zopissacement 329
Ueber die Festigkeit der verschiedenen Mörtelarten.
Versuche nach Rondelet, Vicat etc., nach Heinzerling, Schülke und Wiebe 330
Versuche nach Manger 333
Apparat zur Festigkeitsprüfung von E. Stürtz 335
Dynamometer von Studt 336
Normalapparat zur Prüfung der Portlandcemente . . 337
Apparat zur Prüfung der Wasserdichtigkeit nach Michaelis 340
Apparat zur Prüfung der Wasserdichtigkeit von Frühling 341
Beurtheilung der Portlandcemente nach Michaelis und Grant 342
Die **Normen** für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandcement 348
3. **Grobmörtel oder Beton** (Geschichtliches) 355
Komprimirter Beton von Coignet 357
Beton bei verschiedenen Bauwerken 359
Die Mischungsverhältnisse des Betons 362
Englische Konkretmischungen 364
Betonbau in Deutschland 365
Aschenstampfbau oder Cendrinbau 365
4. **Gypsmörtel** (Geschichtliches) 366
Gyps (chemische Zusammensetzung) 367
Gypsbrennen 368
Gypsöfen (gewöhnlicher) 369
Gypsofen von Scanegatty 371
- - Dumesnil 372
- - Ramdohr 373
- - Walser 375
- - Violet, Triquet und Guyant 376
Gypsmühlen 377
Gypsanmachen 380

Seite

Verkleinern von Gypsabgüssen 381
Gypsabgüsse (Keene's Cement; Parian-Cement) 382
Abwaschbare Gypsabgüsse (neuestes Verfahren) 383
Gypsabgüsse; Schutz gegen die Witterung 384
Gypsabgüsse (Bronziren, Tränken in Stearin und Paraffin) 385
Gypsstuck, Scaliogla 385
Gypsestriche, Gypsmörtel 386
Gypsbeton (Analith) 387

B. Die Kitte.

Leimkitte, Gummikitt, Thierleim, Hausenblase 388
Diamantkitt, Chromleim, Glycerinkitt 389
Käsekitte, Eiweiss-, Blutwasser- und Stärkekitt 390
Oelkitte (Kreye'scher Oelcement — Mastix-Cement) . . 391
Glaserkitt, Steinkitt, Kopalfirnisskitt 394
Harzkitte (Schellack, Steinkohlentheer, Zeiodellit) 395
Marineleim 397
Feuerkitt, Steinkitt, Glanzkitt, weisser Kitt 398
Rost- und Eisenkitte 398
Sorel's Kitt, Zinkoxydkitt 400

C. Der Asphalt (Geschichtliches) 401

Chemische Zusammensetzung des Asphalts 402
Vorkommen als Asphaltstein 402
Rohasphalt (Asphalte comprimée) 405
Asphaltstrassen, Asphaltmastix 406
Asphalt zu Trottoirs, Fussböden, Dachungen, Röhren etc. 408
Erdpech, Erdharz (bituminöser Kitt) 410

III. Hauptgruppe. Neben- oder Hülfsmaterialien.

Das Glas (Geschichtliches) 413

Darstellung des Glases (Glassatz) 416
Glasfärbungen 417
Glasabkühlen (Glasthränen, bologneser Flaschen) 418
Spezifisches Gewicht des Glases 419

Glassorten hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung.

(Kaliglas, Natronglas, Bleiglas, Zinkglas, Thonerde-bornatronglas) 419
Glassorten hinsichtlich der Färbung 421
(Weisses, halbfarbloses, grünes, gefärbtes Glas.)
Glassorten hinsichtlich der Art der Verarbeitung . . . 422
(Hohlglas, Tafelglas, gepresstes Glas, marmorirtes und irisirendes Glas.)
Dauerhaftigkeit des Glases 425
Reinheit, Härte des Glases 426
Elastisches und dehnbares Glas de la Bastie 427
Vulkan-, Metall-, Presshartglas 428

Seite

Färben des Glases 429
Glasmosaiken (Salviati) 431

Das Wasserglas.

Kali-, Natron-, Doppel- und Fixirungswasserglas 432
Wasserglasanstriche als Schutzmittel gegen Feuer . . . 433
Feuerfeste Anstriche 434
Silikatfarben 435
Silikatisation 436
Wasserglaskitt 437
Stereochromie 438
Stereochromische Anstriche 440
Silikat Paint (Liverpooler) 441
Griffith's Patent - Emailfarbe 442

Farbstoffe 443

Anilinfarben, Pikrinsäure, Anthracen 444

a) Weisse Farben:

Bleiweiss, Zinkweiss, Barytweiss, Kreide, Kalkweiss, weisser Thon 445

b) Gelbe Farben:

Berberitzen, Kurkuma, Gelbbeeren, Gelbholz 448
Ginster, Gummigutt, Quercitron, Safran 449
Safflor, Sumach, Wau, Schüttgelb, Orlean, Antimongelb, Auripigment 450
Barytgelb, Bleigelb, Bronzefarben, Kadmiumgelb 451
Chromgelb, Gelberde, Jodblei, Kasselergelb 452
Ocker, Muschelgold, Musivgold 453

c) Blaue Farben:

Waid, Lackmus 454
Indigo 455
Hämatoxylin 457
Kobaltblau, Smalte 458
Bergblau, Bremerblau, Ultramarin 459
Berlinerblau, Turnbullsblau 460
Molybdänblau 461

d) Rothe Farben:

Purpur, Kermes, Karmin 462
Karminlack, Krapp 463
Orseille 465
Drachenblut, Brasilienholz, Santelholz, Alkanna 466
Purpurkarmin, Chromroth, Englischroth 467
Bolus, Kobaltroth, Mennige, Realgar 468

e) Grüne Farben:

Saftgrün, chinesisch Grün 469
Grünerde, Berggrün 470
Bremergrün, Braunschweigergrün, Scheel'sches Grün, Berlinergrün, Chromgrün 471

Seite

Grüner Zinnober, Grünspan, Kalkgrün, Ultramaringrün, Kobaltgrün 472

f) Braune Farben:

Sepia, Sepia ähnliche Pigmente, Bister 473

Mineralbister, Umbra, Berlinerbraun, Kölnerbraun, Asphalt 474

g) Schwarze Farben:

Tusche, Russ, Beinschwarz 475

Frankfurterschwarz, Graphit, Theerschwarz, Mineralschwarz, Tinte 476

h) Violette Farben 477

Firnisse.

Oelfirnisse, Harzfirnisse 478

Lack oder Lackfirnisse 479

Japanischer Lack 481

Kautschukfirniss, Guttaperchafirniss 482

Theer, Steinkohlentheer, Holztheer 483

Theeröle, leichte und schwere; künstlicher Asphalt . . . 485

Alizarin, Anthracen, Birkentheer, Schwefeltheer 486

Kautschuk.

Kautschuk-Pflanzen, Milchsaft 486

Parakautschuk, spezifisches Gewicht 487

Vulkanisirter Kautschuk 488

Kautschukfischbein, Kautschukfabrikation 489

Eisenkautschuk, Ebonit, Vulkanit, Kamptulikon 490

Guttapercha.

Gewinnung 491

Verarbeitung 492

Guttapercha-Industrie (Galvanoplastik) 493

Dach- und Steinpappe 494

Deckfilz, Asphaltfilz, Zeolithpappe, Metallpappe 496

Hanf, Taue, Seile, Stricke.

Hanf — slavonischer — slovakischer — königsberger . . 497

Nasse und getheerte Seile (Festigkeit) 498

Gewicht und Tragfähigkeit der getheerten und ungetheerten Taue 499

Rammtau, Pfahltau, Kranztau, Flohrtau etc. 500

Stroh, Rohr, Moos.

Deckstroh, Lehmstroh, Krummstroh 500

Rohr, Deckrohr, Mauerrohr 501

Spanisch-Rohr, Moos, Waldmoos, Wassermoos 502

D. Die Metalle.

Metalle werden eine Reihe von Körpern genannt, welche wie Blei, Kupfer, Eisen, Gold etc. in gewissen physikalischen Eigenschaften Aehnlichkeit haben. Ein eigenthümlicher Glanz, eine ziemlich bedeutende Eigenschwere werden im gewöhnlichen Leben als Kennzeichen eines Metalles betrachtet, und man fordert von ihm ferner Unlöslichkeit im Wasser und Alkohol, sowie dass es ein guter Leiter für Wärme und Elektrizität sei. Alle Metalle mit Ausnahme des Quecksilbers sind bei gewöhnlicher Temperatur fest, die übrigen schmelzen beim Erhitzen zwischen 200—420° C., wobei einige derselben aus dem festen sofort in den gasförmigen Zustand übergehen. Einige Metalle sind sehr spröde und zerspringen unter dem Hammer, andere dagegen besitzen gewisse Grade von Weichheit und Zähigkeit und lassen sich hämmern, walzen und zu Draht ausziehen.

Bei den Metallen unterscheidet man wohl Leichtmetalle, die ein spez. Gewicht unter 5,0 haben und Schwer- oder Erzmetalle.

Zu den **Leichtmetallen** gehören

a) die Alkalimetalle: Kalium, Natrium, Lithium, Cäsium, Rubidium.
b) die Erdalkalimetalle: Baryum, Strontium, Calcium, Magnesium.
c) die Erdmetalle: Beryllium, Aluminium, Zirkonium, Norium, Thorium, Ittrium, Erbium, Cerium, Lanthan, Didym.

Diesen Leichtmetallen stehen gegenüber die **Schwer-** oder **Erzmetalle** und gehören hierzu

a) die edlen: Quecksilber, Silber, Gold, Platin, Palladium, Iridium, Ruthenium, Rhodium, Osmium.
b) die unedlen: Mangan, Eisen, Kobalt, Nickel, Uran, Chrom, Zink, Kadmium, Kupfer, Blei, Indium, Thallium, Zinn, Titan, Tantal, Niobium, Wolfram, Vanadin, Molybdäm, Tellur, Wismut, Arsen, Antimon.

Von diesen Metallen haben für den Bautechniker einen besonderen bautechnischen Werth: Eisen, Kupfer, Zink, Zinn und Blei; diese für

sich und zusammengesetzt als Legirungen verschiedener Art spezieller zu betrachten soll daher auch unsere Aufgabe sein.

Diese Metalle treten in der Natur selten als gediegen auf, sondern finden sich meist als Metallerze, theils oxydirt, theils als basische Oxyde mit Säuren und Salzen verbunden, theils als Schwefelmetalle, und zwar am häufigsten in den plutonischen, minder häufig in den älteren neptunischen Gebirgsmassen, dagegen seltener in den vulkanischen und den jüngeren neptunischen Gebilden. In vollkommen trockenem, ozonfreiem Sauerstoff und in gleich beschaffener Luft oxydirt bei gewöhnlicher Temperatur kein Metall, dagegen findet in feuchter Luft durch Wasserzersetzung oder beim Erhitzen, besonders wenn die Metalle fein zertheilt sind, in der Regel Oxydation statt. Manche Metalle verbrennen, wenn sie sehr fein zertheilt sind, äusserst leicht und vollständig, bei kompakten Metallen aber schreitet die Oxydation entweder durch die ganze Masse fort, wie beim Eisen, oder es oxydirt nur die Oberfläche, wie beim Kupfer, wo dann die gebildete Oxydschicht das darunter liegende Metall gegen weitere Oxydation schützt.

Das Eisen.

Die Kenntniss des Eisens ist sehr alt, schon 2000 v. Chr. waren die Aegypter, zur Zeit Mosis (1550 v. Chr.) die Hebräer und im trojanischen Kriege (1200 v. Chr.) die Griechen im Besitze von Erfahrungen sowohl für sein Ausbringen aus den Erzen als über seine Verarbeitung. Nach Homer war es aber bei den pelasgischen Völkern noch selten, und Kupfer das gewöhnliche Material ihrer Waffen. Unter den Römern wurde die Eisenindustrie grossartig betrieben, sie benutzten schon 100 Jahre vor Chr. die Eisenerzlager auf Elba und in Norikum und schätzten namentlich das norische Eisen aus dem heutigen Steiermark sehr hoch.

Plinius (XXXIV. 39—47) sagt unter anderm:

„Mittelst der Eisenerze reissen wir zwar die Erde auf, fällen Bäume, bauen Häuser damit, behauen Steine und verwenden sie zu vielen anderen Zwecken; aber wir brauchen es auch im Kriege, zu Mord und Raub und nicht nur in der Nähe, sondern auch zu geschleuderten und geworfenen Geschossen, ja selbst zu gefiederten, was ich für die verruchteste Hinterlist halte, welche der menschliche Geist ausgesonnen. Um nämlich dem Menschen den Tod desto schneller zuzusenden, haben wir den Tod zu einem Vogel gemacht und dem Eisen Flügel gegeben; und die Schuld hiervon, die wir dadurch auf uns geladen, dürfen wir der Natur nicht zuschieben.“

Plinius bespricht dann weiter den Eisenguss und erwähnt den aus Eisen gegossenen Herakles in Rhodos, welchen Alkon fertigte; Aristonidas mischte Kupfer und Eisen zu einer Statue des wahnsinnigen Athamas, da-

mit der durch den Glanz des Erzes durchschimmernde Rost des Eisens die Röthe der Scham ausdrücken möchte. Das Wohlwollen der Natur stellte aber auch dem Eisen Schranken entgegen, indem sie es zur Strafe dem Roste unterwarf und mit derselben Vorsicht kein Ding so vergänglich machte, wie gerade das, welches den Sterblichen am feindlichsten entgegentritt.

Am Schlusse seiner Abhandlung über das Eisen bespricht er es noch als vorzügliches Heil- und wunderwirkendes Mittel, so hilft z. B. gegen Seitenstechen und Brustschmerz gelindes Stechen mit einem Dolche, mit dem ein Mensch durchbohrt worden ist.

Nach der Völkerwanderung, in welcher römische Kultur und Industrie untergegangen war, erheben sich zuerst wieder die Eisenwerke Steiermarks um 700 n. Chr. Sie verbreiteten sich von da, im 9. Jahrhundert nördlich über Böhmen nach Sachsen, Thüringen und dem Harz, nach Elsass und dem Niederrhein. Im 12. Jahrhundert standen die niederländischen Eisenwerke in grossem Rufe; von ihnen verbreitete sich der Eisenhüttenbetrieb im 15. Jahrhundert nach England und Schweden. 1490 goss man im Elsass die ersten eisernen Oefen. Der Schöpfer des rationellen deutschen Bergbaues und der Erste, welcher nicht von der Praxis zur Theorie, sondern von der Theorie zur Praxis überging, war Agrikola (1490—1555); gleichwohl konnte sich dieser helldenkende Mann nicht über manche abergläubischen Vorurtheile erheben, da er noch an Berggnomen glaubte, deren Tücken er die Entzündung der bösen Wetter u. dgl. mehr zuschrieb. Der Hohofenbetrieb fand im Anfange des 17. Jahrhunderts in Sachsen, Brandenburg, Schlesien Eingang. Die Erfindung des Cementstahls fällt in's Ende desselben Jahrhunderts. Das erste englische Patent auf das Frischen in Flammöfen erhielt 1766 Thomas u. George Cranage; den ersten Erfolg mit dem trocknen Puddeln erzielte 1784 Henry Cort; 1864 konstruirte Menelaus einen Ofen mit cylindrischem Rotator, der jedoch durch den Amerikaner Danks 1870 erst recht lebensfähig gemacht wurde. W. Siemens hat 1860 die Regenerativfeuerung, Crampton die Staubfeuerung beim Frischen des Eisens zur Anwendung gebracht. Seit 1855 erfand Bessemer den Windfrischprozess, und war es der allerneuesten Zeit vorbehalten, die sonst ziemlich werthlosen phosphorhaltigen Eisenerze ebenfalls zu verhütten.

In theoretischer Beziehung hat Réaumur im Jahre 1722 mehr Klarheit in das Verständniss der Eisenindustrie gebracht, und ebenso haben Bergmann und Riemann, die 1781 und 1782 ihre Schriften veröffentlichten, über das Wesen des Eisens und dessen Gewinnung im Grossen werthvolle Aufschlüsse gegeben; weitere Verdienste um die Literatur der Eisenindustrie hat sich Karsten erworben, dessen System der Metallurgie 1831 in Berlin fünfbändig zur Herausgabe kam und noch heutigen Tages alle Beachtung verdient. Mit der wissenschaftlichen Ausbildung erweiterte sich

auch das Feld der Metallurgie und hat diese in neuerer Zeit eine ungeahnte Erweiterung erfahren.

Von den namhaftesten Werken sind hier zu nennen: Hartmann's Grundriss der Eisenhüttenkunde (1852), dessen Handbuch der Roh- und Stabeisenfabrikation (1853) und seine neuesten Fortschritte der Roh- und Stabeisenfabrikation (1857). Neuer sind Hartmanns Handbuch der Eisenhüttengewerks-Kunde (1860), sein Vademecum für den praktischen Eisenhüttenmann (1863) und seine Berichte über die Fortschritte des metallurgischen Hüttengewerbes, welch' letztere von Kerpely unter dem Titel: Bericht über die Fortschritte der Eisenhüttentechnik, fortgesetzt werden.

Von hervorragendem Werthe sind ferner die Arbeiten von Kerpely, Dürve, Percy-Wedding, Stölzel, Bell-Tunner, Kerl.

Sehr ausführliche jährliche Berichte über die Tages-Literatur bringt R. Wagner's Jahresbericht über chemische Technologie.

I. Eintheilung und Vorkommen des Eisens.

Eintheilung.

Während reines Eisen wegen seiner Weichheit, Strengflüssigkeit und geringer Widerstandsfähigkeit in der Bautechnik keine Anwendung findet, erhält es durch Aufnahme von Kohlenstoff in wechselnden Verhältnissen Eigenschaften, welche dessen Nutzung für die verschiedensten Zwecke gestatten. Nach der Grösse dieses Kohlenstoffgehaltes unterscheidet man die Eisenkarburete in Roheisen, Stabeisen und Stahl.

Roheisen die höchst gekohlte Verbindung besitzt zwischen 2—6 pCt. Kohlenstoff.

Stabeisen die niedrigste Kohlungsstufe besitzt zwischen 0,1—0,5 pCt. „ „

Stahl liegt in der Mitte zwischen Roh- und Stabeisen und besitzt zwischen 0,6—1,5 pCt. „ „

In neuerer Zeit, namentlich seit Ausführung des Bessemer- und Martin-Prozesses sind jedoch die Begriffe von Stabeisen und Stahl unsicher geworden, und hat sich während der internationalen Ausstellung in Philadelphia eine Kommission gebildet, die von der Ansicht ausging, die gegenwärtig üblichen Bezeichnungen auf dem Felde der Eisenindustrie seien vollständig unzureichend und hätten vielfach schon zu streitigen Missverständnissen Veranlassung gegeben. Nach eingehender Begründung schlägt die Kommission folgende Bezeichnungen vor:

1. Alle schmiedbaren Verbindungen des Eisens mit den gewöhnlichen Bestandtheilen, welche aus den erweichten Massen oder Paketen oder in irgend einer Form und Gestalt ausserhalb des flüssigen Zustandes darge-

stellt worden sind, sich nicht merklich härten lassen und die gewöhnlich dem ähnlich sind, was bisher als Schmiedeeisen bezeichnet worden ist, soll in Zukunft Schweisseisen genannt werden.

2. Verbindungen der soeben ausgeschiedenen Art, welche aus irgend einer Ursache gehärtet und nachgelassen werden können, welche sonach dem ähnlich sind was bisher Puddelstahl genannt ist, soll in Zukunft als Schweissstahl bezeichnet werden.

3. Alle Verbindungen des Eisens mit den gewöhnlichen Bestandtheilen, welche durch flüssigen Zustand hiedurch zu schmiedbaren Massen geworden sind und welche nicht merklich härter werden, wenn sie im rothglühenden Zustande in Wasser getaucht werden, sollen in Zukunft den Namen Ingoteisen (Flussschmiedeeisen) führen.

4. Alle Verbindungen der zuletzt unterschiedenen Art, welche jedoch aus irgend einer Ursache sich härten lassen, sollen fernerhin als Ingotstahl (Flussstahl) bezeichnet werden.

Diesen Beschlüssen entsprechend würden die in den Verkehr kommende Eisenkarburete folgende Klassifikation beziehungsweise Nomenklatur zu erhalten haben:

I. **Roheisen** (leicht schmelzbar und nicht schmiedbar) mit 2—6 pCt. Kohlenstoff.

  A. Weisses Roheisen (mit amorphem Kohlenstoff):
  Spiegeleisen, blumige, strahlige, luckige, gekrauste Flossen, Weisseisen vom Gar- und Rohgang, abgeschrecktes Weisseisen.

  B. Graues Roheisen (mit Graphit):
  schwarzgraues und graues gares Roheisen, halbirtes Roheisen, behufs des Umschmelzens Gusseisen genannt.

II. **Schmiedbares Eisen** (schwer schmelzbar und schmiedbar) mit 0,04—2,0 pCt. Kohlenstoff.

  A. Schmiedeeisen (nicht härtbar) mit 0,4—0,5 pCt. Kohlenstoff.

    1. Schweisseisen (in nicht flüssigem Zustand erhalten):
    Renn-, Herdfrisch-, Puddel und geschweisstes Paketeisen.

    2. Flusseisen (in flüssigem Zustande erhalten):
    Bessemer- und Martineisen, Eisen vom Landor-Prozess.

  B. Stahl (härtbar) mit 0,6—1,5 pCt. Kohlenstoff.

    3. Schweissstahl (im nicht flüssigen Zustande erhalten):
    Renn-, Herdfrisch-, Puddel-, Cement-, Gerbstahl (Glühstahl).

    4. Flussstahl (im flüssigen Zustande erhalten):
    Bessemer-, Martinstahl, Stahl von Uchatius, Obersteiner, Heaton etc., Wootzstahl, Gussstahl.

Vorkommen des Eisens.

Das Eisen kommt auf unserer Erde ziemlich verbreitet in Form von verschiedenen Erzen vor, theils sind es Verbindungen mit Sauerstoff, Kohlensäure, Schwefel, Phosphor, Kieselsäure etc., aber nicht alle lassen sich zur Gewinnung des Eisens verhütten; manche erscheinen dabei als sehr schädliche Gäste, andere sind mehr mineralogische Seltenheiten.

Zur Eisenproduktion verwendbar aber sind:

1. Gediegenes Eisen; es ist mit keinem andern Stoff chemisch verbunden und kommt nur äusserst selten in der Natur vor; in den meisten Fällen ist es sogenanntes tellurisches, meteorisches oder siderisches Eisen.

   Das tellurische Eisen, als ein Bestandtheil der Erdoberfläche, ist selten; Neumann fand im böhmischen Plänerkalk ein Stück gediegenes Eisen in Form einer knolligen Konkretion, und auch in den Thüring'schen Lettenkohlen wurde dies seltene Metall nachgewiesen, während es in der Kolonie Liberia (Afrika) mit Magneteisen gemengt so reichlich vorkommt, dass es dort bergmännisch gewonnen werden kann.

   Das meteorische oder siderische Eisen, selten chemisch rein, findet sich zerstreut über die ganze Erdoberfläche in mächtigen Klumpen, herab bis zum feinsten Staub[1]).

2. Eisenoxyde finden sich in der Natur in reichlicher Menge als Rotheisenstein, Eisenglanz, Hämatit, Glaskopf, Martit und Eisenglimmer.

3. Eisenhydroxyde unterscheiden sich hauptsächlich durch ihren Wassergehalt, hier seien nur erwähnt der Brauneisenstein oder Limonit, der Raseneisenstein oder Wiesenerz, der Fanthosiderit oder das Gelbeisenerz, der Pyrrhosiderit, der Göthit und der Turgit.

Unter den Eisensalzen ist das kohlensaure Eisenoxydul oder Ferrocarbonat ein sehr wichtiges Erz und kommt vor als Spatheisenstein oder Sphärosiderit und eignet sich vorzüglich zur Erzeugung der besten Stahlsorten; daher der Name Stahlstein, Eisenstahlerz.

Zu den verhüttbaren Eisenerzen gehören auch die Thoneisensteine, bestehend aus Eisenoxyd, Eisenhydroxyd, kohlensaurem Eisenoxyd mit Thon; namentlich zählt hier her der rothe Thoneisenstein mit seinen vielen Abarten.

---

[1]) Der im Rathhause von Elbogen aufbewahrte Meteorstein, der verwunschene Marggraf genannt, wiegt nahezu 100 k.; 1847 am 7. Juli ereignete sich der gut beobachtete Fall, dass bei Braunau zwei Meteorsteine von 21 beziehungsweise 15 k. niederfielen. In Amerika wurden Meteorsteine bis zu 8500 k. gefunden!

Wenig geeignet zur Verhüttung sind die mehrfachen Verbindungen von Schwefel und Eisen, und ist hier hauptsächlich der Magnetkies und die Pyrite (Eisen- oder Schwefelkiese) zu nennen.

Verbindungen von Kieselsäure oder Phosphor und Eisen kommen in der Natur nur selten vor; kieselsaures Eisenoxyd bildet einen Bestandtheil vieler Mineralien, während phosphorsaures Eisenoxyd ein Bestandtheil mehrerer Mineralien und auch Eisenerze ist, z. B. des Vivianites und der Raseneisensteine.

Eisenerze kommen fast in allen Formationen unserer Erde vor; im umgeschichteten Urgebirge ist es besonders die Gruppe der sogenannten Grünsteine, die durch ihre Erzführung besonders ausgezeichnet erscheint; die Eisenerze am Harz zu Lerbach und Elbingerode, im Fichtelgebirge, am Taberg in Schweden sind in mächtigen Lagern in Grünstein eingebettet; im Feldsteinporphyr zu Feiringen in Norwegen kommt Magneteisen in Nestern vor, auch enthält zuweilen der Serpentin dasselbe Erz in ausgebildeten Krystallen. Der Gehalt der augitischen Gesteine an Magneteisen ist zu unbedeutend, um technische Verwendung finden zu können.

Im Gebiete der krystallinischen Schiefer befinden sich die berühmten Magneteisen-Ablagerungen von Dannemora, Gellivara und Taberg in Schweden; ähnliche Ablagerungen sind zu Persberg in Sibirien und Spatheisensteingänge im Glimmerschiefer Steiermarks vorhanden.

Dem devonischen und silurischen System gehören die oft mächtigen Gänge (besonders im Thonschiefer und der Grauwacke) an, die mit Eisenerzen, Spatheisenstein, Brauneisenstein, Rotheisenstein und Eisenglanz erfüllt sind; so am Rhein (Siegen und Nassau), am Harz (am Buchenberge in Elbingerode), in Böhmen, den südlichen Vogesen, auf Elba etc. Auch der Grauwackenkalk umschliesst nicht selten bedeutende Erzlagerstätten, und so gewähren die Eisensteine am Yberg im Harz reiche Ausbeute.

Aeusserst ergiebig an Eisenerzen ist die Steinkohlengruppe; es erscheinen hier in den obern Schichten Thoneisensteine (Sphärosiderit) in Nestern, Nieren und Flötzen bis zu 50 zm. Mächtigkeit. Besonders reich daran sind die Steinkohlenflötze von Südwallis, Dudley und Glasgow in England, sowie einzelne in Oberschlesien.

Rotheisenstein und Schwefelkies (letzterer als fast steter Begleiter der Steinkohlen) wird vielfach in Belgien und Westphalen im unterlagernden Kohlenkalke gefunden.

Im permischen System (Dyas) treten Eisenerze verschiedener Art nester- oder flötzweise, im älteren Todtliegenden auch wohl gangweise auf; so zu Biber in Hessen, zu Kamsdorf bei Saalfeld in Thüringen, Schmalkalden, Stahlberg, Mommel.

Die Brauneisensteine in Gängen und Knollen am Schwarzwalde, in den Vogesen, der Hardt und dem Sollinger Walde gehören der Trias-Gruppe an und zwar speziell dem bunten Sandsteine, während im Muschel-

kalke Oberschlesiens Thoneisensteine gefunden werden; auch bei Dillingen, bei Pforzheim, Silberberg bei Freudenstadt sind Brauneisenstein- und Spatheisensteingänge, der Trias angehörig, vorhanden.

Im Lias wird Rotheisenstein in dichten Lagern unter andern Orten zu Vaulte im Lozère-Departement und zu Samastro bei Bilbao angetroffen; es durchzieht hier dieses Erz in Adern und Gängen die untern dolomitischen Kalkschichten des Jura im südlichen Frankreich; zu Bleiberg und am Königsberge in Kärnthen kommt es meist in einzelnen Stücken bis zu Kopfgrösse vom Gebirge eingeschlossen vor, besonders da, wo die Juraformation unmittelbar auf dem Granit oder auf der Steinkohlenformation aufliegt. Bohnenerze finden sich in reichen Mengen mit sandigem, verschieden gefärbtem Thon in den Becken der Jurakalke abgesetzt und liefern ein vorzügliches Material zur Eisengewinnung, so z. B. zu Randern in Baden, Aalen und Wasseralfingen in Würtemberg, im Aargau'schen, Bernischen und Solothurner Jura, im Gebiete der Haute Saône in Frankreich etc.

Auch in der Kreidegruppe Sachsens und Böhmens kommen im Quadersandsteine häufig thoniger Sphärosiderit und Brauneisenstein in nierenförmigen und kugeligen Stücken vor.

In der Tertiärformation fehlen Eisenerze, mit Ausnahme des Schwefelkieses, der in den Braunkohlen accessorisch auftritt, vielfach dagegen treten Bohnenerze im Diluvium auf; in Linsen- bis Eigrösse zwischen Sand- und Thonmassen, oft mehr vereinzelt, oft zusammengedrängt ist dieses Erz abgelagert in Mulden, trichterförmigen Schlünden, Höhlungen und Spalten und findet sich besonders ausgezeichnet über dem Jurakalke am Rande des Schwarzwaldes, in Baden, am Fusse der schwäbischen Alp in Würtemberg, an der Weser und in Frankreich.

Der rezenten Periode (Alluvium) gehören endlich die Raseneisensteine an, die in Torfmooren oder unter Wiesen in regelmässigen Schichten, in Körnern oder unregelmässigen Knollen vorkommen; reich an diesen Eisenerzen ist die norddeutsche Ebene, Holland, Pommern, Niederlausitz, Niederschlesien, Polen und Russland; auch in Schweden findet man dieses Erz auf dem Grunde vieler seiner Seen.

I. Roheisen, Gusseisen.

(Nicht schmelzbar und nicht schmiedbar, mit 2—6 pCt. Kohlenstoff.)

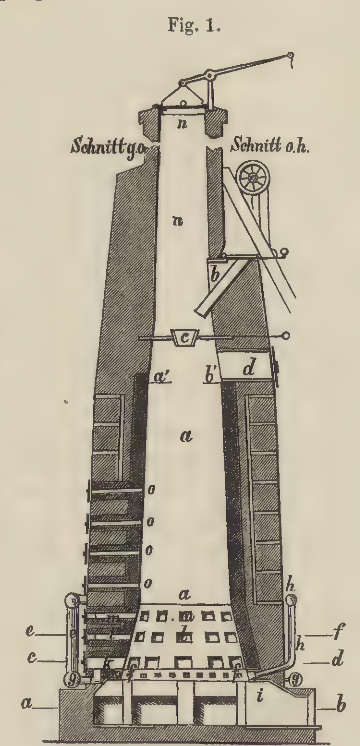
Die Gewinnung des Roheisens geschieht durch den Hohofenprozess; die bergmännisch gewonnenen Erze werden entweder durch Handscheidung oder Klaubarbeit von den tauben, nicht metallhaltigen Beimengungen getrennt, und dann einer Vorbereitung unterworfen, welche die Entfernung aller schädlichen Substanzen und die Begünstigung der Reduktion und Kohlung bezweckt. Die mechanische Aufbereitung besteht

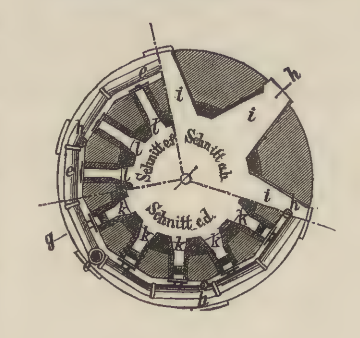
in Verwitterung, Röstung, Auslaugung; während das Zerkleinern grober Stücke, Agglomiren von Erzklein, Auflockern durch Verwitterung und Röstung die Reduktion von Eisenoxydul in Oxyd zu bezwecken hat.

Beim Verwittern scheiden sich erdige Theile wie Letten und Thon von den Erzen ab, während die schwefeligen Metalle sich in schwefelsaure Salze verwandeln und durch den Regen ausgewaschen werden; um phosphorsaure Salze zu beseitigen, unterstützt man den Auslaugprozess wohl mit Wasser, das mit schwefliger Säure imprägnirt ist.

Das Rösten hat den Zweck alle leichtflüchtigen Stoffe wie Wasser, Kohlensäure, Bitumen, Schwefel und auch wohl Arsen zu beseitigen.

Fig. 1.





Der Röstprozess wird entweder in Rösthaufen, in Röststadeln oder in Röstschachtöfen betrieben; letztere weichen je nach dem Zwecke der Röstung und durch die verschiedene Art der Befeuerung wesentlich von einander ab. Am vortheilhaftesten hat sich die Anwendung der aus den Hohöfen abgeleiteten, brennbares Kohlenoxydgas enthaltenden Gichtgase erwiesen. Solche Gasröstöfen sind neuerdings von Westmann sehr vervollkommt worden. Fig. 1 zeigt deren Einrichtung: a ist der 7,0 m. hohe Ofenschacht; b Chargirkanal mit einer Klappe verschliessbar; das durch diese eingebrachte Erz gelangt in den untern Theil des Ofens durch einen von aussen verschiebbaren Trichter c. d Zugang zur Gicht; e Gasrohr, aus welchem das Gas durch kleine Ansätze und durch die Kanäle r in 12 Gasdüsen k strömt und so in den Ofen gelangt. f hohles kranzförmiges Trageisen für den Kernschacht des Ofens, in welches aus dem Rohr h der Wind ein- und dann durch 24 kleine Düsenöffnungen aus dem Kranzeisen ausströmt, um sich mit den brennbaren Gasen innig zu mischen.

i sechs Ausziehöffnungen, l und m Räumkanäle zum Einbringen von Brechstangen bei etwa stattgehabten Versetzungen. o Schaulöcher, n Schornstein. Das Zerkleinern der zu verschmelzenden gerösteten und ungerösteten Eisenerze bewirkt man durch Handfäustel, Hammer- oder Stempelpochwerke oder Walzen; in neuerer Zeit hat man vielfach für diese Arbeit eigens konstruirte Steinbrechmaschinen in Anwendung gebracht.

Nur selten befinden sich die so vorbereiteten Erze in ihrer Zusammensetzung mit fremden Stoffen (Gangart) in solchem Verhältniss, dass sie unmittelbar mit Vortheil verschmolzen werden können; in solchen Fällen ist es nothwendig, geeignete Zuschläge beizugeben, von denen man annehmen kann, dass sie bei richtiger Schlackenbildung und bei geringem Aufwand von Brennmaterial die erwünschte Qualität und Quantität des Roheisens ermöglichen.

Als Zuschläge verwendet man je nach der Beschaffenheit der Erze, nach der Natur des zu erzeugenden Roheisens und nach der Art des Hohofenbetriebs: Kalk in ungebranntem und gebranntem Zustande, Thon, Thonschiefer, Grauwacke (nur selten reinen Quarz). Wird eine vermehrte Schlackenbildung wünschenswerth, so wählt man zu Zuschlägen wohl auch Hornblende, Augit, Feldspath etc.; durch manganhaltige Zusätze erzielt man Strengflüssigkeit, durch mangnesiahaltige Leichtflüssigkeit. Auch Mergel, Flussspath etc. leisten oft nützliche Dienste.

Die vorbereiteten Erze werden nun schichtenweise mit Kohlen im Hohofen aufgegeben und unter Einwirkung von Gebläseluft oder mit heisser Luft niedergeschmolzen; die hierzu dienenden Oefen haben nach neuerer Konstruktion 6,0 bis 15,0 m. Höhe und bestehen (Fig. 2) aus einem doppelten, einem innern und äussern Gemäuer (dem feuerfesten Kernschacht A oder Schachtgemäuer und dem Rauhschacht B oder Mantel); um beiden eine unabhängige Ausdehnung zu gestatten, und um den Durchgang der Wärme nach aussen zu erschweren, lässt man zwischen beiden einen Zwischenraum von 9—15 cm., welcher entweder hohl gelassen oder mit schlechten Wärmeleitern (Schlacken, Asche etc.) ausgefüllt wird. Das innere Gemäuer umschliesst den Schachtraum, wohin durch einen freien Zugang nach oben, die Gicht C, Kohle und Erze gebracht werden. Dieser Raum erweitert sich allmälig von oben nach unten zu dem sogenannten Kohlensack oder Bauch D und verengert sich dann allmälig wieder in eine gegen den Horizont mehr oder minder geneigte Fläche übergehend, die Rast genannt. Der unterhalb der Rast gelegene Raum ist das Gestell E F, welcher hier mit drei Formen zum Einblasen des Windes versehen ist und in den Herd einmündet; in diesem Gestelle nennt man den obern Theil E das Obergestelle, den untern Theil F das Untergestelle. Der aus feuerfestem Material erbaute Kernschacht ruht auf einem gusseisernen ringförmigen Tragbalken a, der mittelst Konsolen und gusseisernen Säulen (hier 4 an der Zahl) getragen wird. Der Rauhschacht in der Form

einer abgestumpften vierseitigen Pyramide erhält seinen Halt durch 4 kräftige Eckpfeiler G (Fig. 2a) und den gusseisernen Tragbalken b, welche zugleich das Arbeitsgewölbe H und die drei Formgewölbe I überdecken. Das Gestell steht bei dem hier mitgetheilten Hohofen frei, so dass es von allen

Fig. 2.

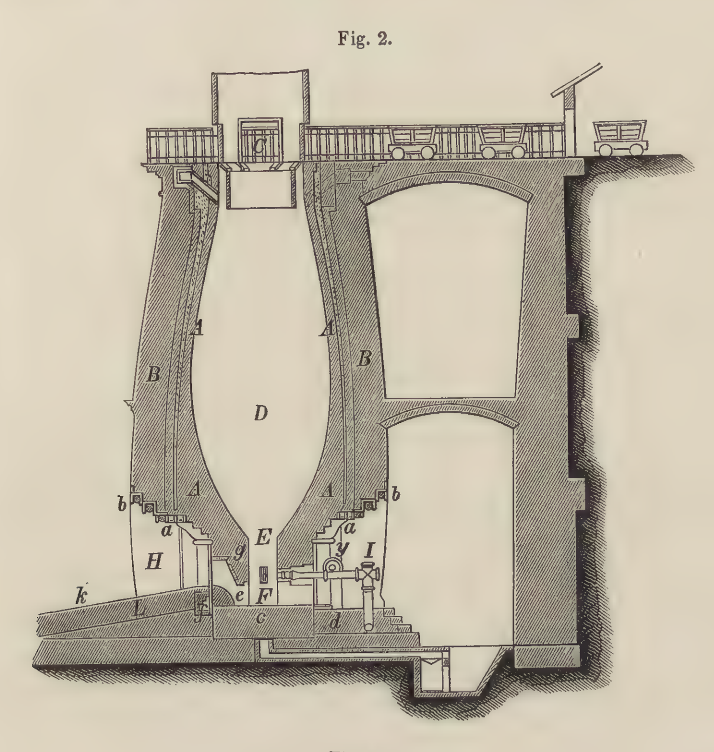
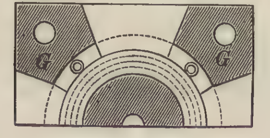


Fig. 2a.



Seiten zugänglich ist. Mit dem Untergestell in unmittelbare Verbindung tritt der Herd oder Eisenkasten, ein nach dem Arbeitsgewölbe hin heraustretender kastenförmiger Raum, der ebenso, wie das Gestell aus möglichst grossen, feuerfesten Steinen konstruirt ist[1]), und dessen Boden durch

[1]) Wird der Herd, das Gestell oder auch der untere Theil der Rast anstatt aus feuerfesten natürlichen Steinen (Gestellsteinen: Sandsteinen, Puddingsteinen, Talkschiefer etc.) aus Masse gestampft, so besteht diese aus 1 Theil Thon und 2—3 Theilen Quarzsand, oder aus 2 Theilen Chamotte und 1 Theil feuerfestem Thon.

den Boden oder Sohlstein c gebildet ist; die Rückseite des Herdes ist vom Rücksteine d, die beiden Seiten durch die Backensteine geschlossen. Gegen das Arbeitsgewölbe befindet sich der Wallstein oder Dammstein e, auf einer Seite sich fest an den einen Backenstein anschliessend, während auf der andern Seite ein durch Thon oder Gestübbe zugemachter Schlitz mit einer Stichöffnung verbleibt; diese Stichöffnung dient zum Abstechen des Roheisens, sobald der Herd sich damit angefüllt hat; an der vordern Seite der Ofenbrust ist der Wallstein mit einer starken eisernen Wallsteinplatte bekleidet, und wird diese wohl durch einen angebrachten Luftkanal f gegen zu starke Erhitzung geschützt.

Die obere vordere Seite des Herdes begrenzt der Tümpel g, dessen einzelne Steine auf dem winkelförmig gebogenen Tümpeleisen aufruhen und an der Aussenseite mit dem gusseisernen Tümpelbleche überdeckt sind; letzteres wird auch hohlgegossen, um durch einen zirkulirenden Wasserstrom stets abgekühlt zu werden.

Zwischen Tümpelstein g und Wallstein e bleibt nun ein breiter spaltenförmiger Raum, aus welchem die allmälig bis über das Niveau des Wallsteins emporsteigenden Schlacken zum Abfluss kommen oder hervorgezogen werden; die schräge Ebene, auf welcher die Schlacken abfliessen, nennt man die Schlackentrift K, und ist dieselbe, da sie nur den kleinern Theil des durch das Arbeitsgewölbe überdeckten Raumes einnimmt, auf der einen nach der Stichöffnung hin liegenden Seite durch die Schlackenleiste begrenzt, die aus einer senkrechten gusseisernen Platte L besteht. Hierdurch bleibt neben der Schlackentrift im Niveau der Hüttensohle ein freier Raum, in welchem eine mit dem Stiche in Verbindung zu setzende Rinne für den Abfluss des Roheisens im Gestübbe angebracht werden, und überhaupt der Arbeiter die nöthigen Verrichtungen vor dem Hohofen ausführen kann. Die offene Brust des Ofens bleibt in der Regel mit Gestübbe bedeckt.

Die obere Mündung des Ofens (Gicht) umgiebt ein sogenannter Gichtmantel, während das Gichtplateau mit einer Galerie umgeben ist.

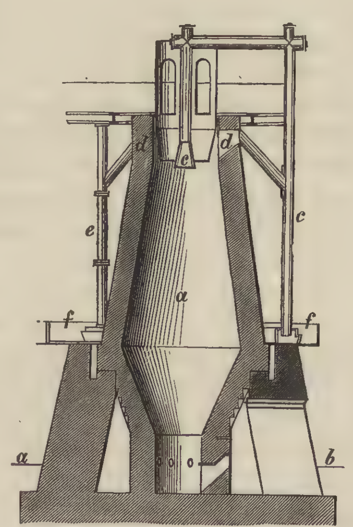
Die Gichtmündung ist entweder offen oder durch eine Vorrichtung geschlossen; wie in Fig. 2 ersichtlich ist in die Gicht ein eigener Cylinder eingehängt, durch welchen die Beschickung erfolgt, während sich die Gichtgase hinter dem Cylinder ansammeln, und in einen rings um den Ofen herumgehenden Kanal mit quadratischem Querschnitt entweichen; von hier aus können sie in dieser oder jener Weise weitere Verwerthung erfahren.

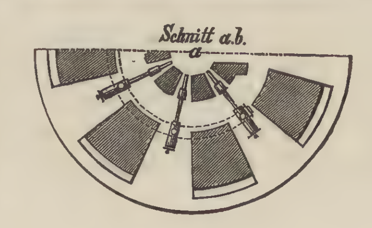
Die Einführung des Windes erfolgt in dem hier mitgetheilten Hohofen von drei Formgewölben aus, und lassen sich die Winddüsen wohl durch eine mechanische Vorrichtung aus- und einrücken, wie dies bei y angedeutet ist. Der Zwischenraum zwischen Düse und Form ist geschlossen, um ein Entweichen von Wind zu verhüten.

Als Nebenapparate für Hohöfen dienen die verschiedenen Gebläse, die Winderhitzungsapparate, die Gichtaufzüge und die Fülltrichter.

Die äussere und innere Hohofengestalt hat im Laufe der Zeit vielerlei wesentliche Abweichungen erfahren, und stehen diese wohl hauptsächlich im Zusammenhange mit der an verschiedenen Orten wechselnden Betriebsart und der Beschaffenheit der Schmelzmaterialien; andererseits fehlt es noch immer an feststehenden leitenden Grundsätzen, und möchte auch der Umstand, dass nach der Grösse der Produktion bald kleinere, bald grössere Apparate nothwendig werden, es erheischen, dass ein streng festzuhaltendes Normativ für den Bau der Hohöfen nicht aufgestellt werden kann. Ein Hohofen z. B., mit Holzkohle betrieben und einer täglichen Produktion von nur 50 Zentnern grauem Roheisen, bedarf einen innern Raum von circa 25 kbm., während in den beiden jüngst auf den Middlesborough-Werken (England) errichteten Hohöfen schottischer Art wöchentlich bis zu 490—500 Tonnen erblasen werden, wozu der betreffende Apparat einen innern Raum von 1000 kbm. nothwendig hat. So ungleiche Momente bedingen selbstverständlich die veränderte Form. Früher legte man grossen Werth auf die Form des Vertikal- und Querschnittes der Hohöfen, aber man ist neuerdings davon abgekommen und verwendet vielfach die einfache Form des Cylinders. Auch in bezug auf das Massenmauerwerk, das beim Bau der Hohöfen nothwendig wurde, hat man veränderte Konstruktionen gewählt; so stellt man in Schottland den Kernschacht auf Gusseisensäulen, und indem man denselben mit einem mit feuerfesten Steinen ausgefütterten Blechmantel umgiebt. wird das bisher nothwendige Massenmauerwerk des Rauhschachtes ganz entbehrlich; solche Blechmantelöfen gestatten eine bequemere Bedienung, sind überall leicht zugänglich und ausbesserbar und erlauben eine bessere Kontrole des ganzen Betriebs.

Fig. 3.





Auch die Ofenkonstruktion von Büttgenbach besteht nur aus dem Kernschachta, während die Gichtgasableitungsröhren gleichzeitig als Träger für das Gichtplateau dienen. Diesen immer mehr in Aufnahme kommenden

Hohofen stellt Fig. 3 dar. Die Chargen erfolgen durch den in die Gicht eingehängten Eisenkonus. Die Gichtgase gelangen theils durch eine senkrechtangebrachte Röhre c, theils durch seitlich hinter dem Gichtkonus angelegte Kanäle dd in die vertikalen Ableitungsröhren ee, von hier in ein gefülltes Wasserreservoir ff.

Die Büttgenbach'schen Oefen haben in der Regel eine Höhe zwischen 15—18 m., obwohl in England solche von 32 m. Höhe gebaut wurden; im Gestell erhalten die grössten Oefen 3,14 m., im Kohlensack 9,41 m., an der Gicht 6,29 m., durch die tonnenförmige cylindrische Schachtform lässt sich die Ofenkapacität sehr erhöhen.

Eine andere Neuerung von grosser Wichtigkeit zeigen die selbstkoksenden Steinkohlenhohöfen von William Ferrie, Betriebsdirektor der Moukland Iron and Steel Works bei Glasgow; sie haben eine Höhe von nahezu 27 m., circa 6 m. Rastweite und 4 m. Gichtweite. Um die durch die Gicht einzugebenden Kohlen zu verkoksen, sind im obern Theil des Schachtes bis zu 6,5 m. unter der Gicht vier senkrechte, von der Mitte radial auslaufende, auf Bogen ruhende Mauern angebracht, welche den ganzen obern Schachtraum in vier Kammern theilen. Die Scheidewände, ebenso die äussern Mauern des Ofens, sind von Kanälen durchzogen; in diesen Kanälen wird ein Theil der von der obern Schachtgegend abgeleiteten Gase verbrannt, und zwar indem man sie bis zum Niveau der Kammern leitet und hier durch im Rauhgemäuer angebrachte Roste oder Gitter entzündet. Die Kanäle tragen an der Gichtmündung Essen zur Beförderung des Zugs. Die in den Kanälen erzeugte Hitze von 800 bis 900° R. wirkt durch die nahezu 20 cm. starken Zwischenwände verkoksend auf die Kohlen der Kammern, welche gleichsam vier Retorten darstellen, diese vermindern ausserdem die Reibung der niedergehenden Gichten, vermindern also den Druck.

Um eine weitere Brennmaterial-Ersparniss zu erzielen, konstruirte Richard Brown einen Hohofen aus zwei übereinander liegenden Schachten, der untere 15—18 m., der obere 8—10 m. hoch und überall nahezu 4 m. weit. Die Gicht des untern Ofens ist bedeckt, etwas unterhalb der Decke ist seitwärts eine Oeffnung zum Abfangen der Gase für die Winderhitzung und Kesselheizung, theilweise aber auch zur Ableitung in eine Anzahl Oeffnungen in den obern Schacht, wo sie mit Luft gemengt und entzündet werden. Der untere Schacht wird mit Brennmaterial, der obere mit der „Beschickung" versehen; die verbrennenden Gase erhitzen also die Beschickung. Diese wird dann durch eine Thür in der Sohle des obern Schachtes in den untern Schacht gelassen und zwar zunächst in einen Kasten, derart, dass man diesen füllt, dann seine obere Seite schliesst und seine Sohle öffnet, wodurch sein Inhalt über eine schiefe Ebene nach der Mitte des untern Schachtes fällt. Die Eingabe von Brennmaterial in den

untern Schacht geschieht durch seitliche Kanäle, die nach der Mitte hin führen und eine Mischung von Erz und Brennstoff ermöglichen¹).

Beispiele über Hohofendimensionen giebt die folgende Tabelle, in der a die Höhe des Ofens, b die Höhe der Form über dem Bodenstein, c die Gestellhöhe, d die Kohlensackhöhe, α den Durchmesser der Gicht, β den Durchmesser des Kohlensackes, γ die obere Gestellweite und δ die untere Gestellweite bedeutet.

Namen des Werks.	Höhen des Ofens.				Weiten des Ofens.			
	a	b	c	d	α	β	γ	δ
Lölling in Kärnthen, Holzkohlenblauofen für Spiegeleisen	12,5	0,47	—	4,4	0,94	3,0	—	1,18
Lohe bei Siegen, Holzkohlenhohofen für Spiegeleisen	11,0	0,39	1,57	2,96	0,94	2,83	0,84	0,60 0,63
Malapane in Oberschlesien, Holzkohlenhohofen für graues Roheisen	9,3	0,39	1,73	2,98	1,10	2,20	0,68	0,42
Donnersmarkhütte, Kokshohofen für graues Roheisen	16,6	0,63	2,35	6,75	2,35	4,66	1,25	0,94
Königshütte, Oberschlesien	15,7	0,63	2,20	6,75	2,20	4,87	1,41	0,94
Heinrichshütte bei Hattingen	17,0	0,76	2,45	5,58	2,98	4,79	1,25	0,89
Hörde	16,5	0,78	1,70	5,31	2,82	4,81	0,65	0,65
Mühlhofen (Rheinland)	15,2	0,78	2,20	6,90	3,30	4,71	1,25	1,10
Espérance (Belgien)	15,7	0,78	2,20	6,04	2,51	4,71	1,10	0,94
Charleroi (Belgien)	20,0	0,68	2,04	4,94	2,51	4,47	1,13	1,00
Eston (England)	16,3	0,94	1,83	6,28	3,45	4,71	2,20	0,20
Barrow (England)	17,6	0,94	—	5,65	3,61	5,18	—	2,20
Ystalifera für Anthracit	11,3	0,78	1,88	6,28	3,14	4,39	1,88	1,57
Dowlais (England) für rohe Steinkohle	14,1	1,10	2,51	10,36	3,30	5,34	2,51	2,04
Raschette'scher Ofen	9,4	0,85	—	—	2,20	—	—	0,86

Im Verlaufe des Hohofenbetriebs wird bei der Beschickung desselben mit den gattirten Erzen für eine entsprechende Schlackenbildung zu sorgen sein; erfahrungsgemäss geben 56 Th. Kieselsäure, 30 Th. Kalkerde und 14 Th. Thonerde die leichtschmelzigste Schlacke, welche zwischen diesen drei Stoffen möglich ist und entspricht ihr Schmelzpunkt etwa der Temperatur, bei welcher halbirtes Roheisen entsteht.

Soll graues Roheisen entstehen, so macht man die Beschickung durch Erhöhung der Kalkmenge strengflüssiger, während ein Zusatz von manganhaltigen Substanzen leicht schmelzende Schlacke und damit weisses Eisen ergiebt.

*) Jahrbuch der Baugewerke, III. Jahrgang (1873).

Bei normalem Gang des Hohofens (Gargang) steht die Beschickung von Satz (Erz) und Brennmaterial in richtigem Verhältniss; wird von letzterem zu wenig aufgegeben, so geht das unvollständig reduzirte Eisen in die Schlacke über (Rohgang); bei zu wenig Satz steigt die Temperatur zu hoch und bilden sich graphitreiche-schwarzgraue Roheisensorten (übergarer Gang).

Was die chemischen Prozesse anbetrifft, die im Hohofen gleichzeitig sich geltend machen, so mindern die frischeingebrachten Erze an der Gicht ihre flüchtigen Bestandtheile; sie lockern sich auf und gestatten den aufsteigenden Kohlenoxydgasen den Eintritt in ihre Poren; mit tieferm Niedergehen nehmen die feinzertheilten Erze aus den Cyanverbindungen, die sich an der Form bilden, Kohlenstoff auf; kommen dann zum schmelzen, während die erdigen Bestandtheile mehr und mehr erweichen, und endlich vor der Form vollständig in Fluss kommen; Erz und Schlacke tropfen dabei in den Herd herab, um sich dort nach ihrem specifischen Gewichte zu trennen.

Das im Herde angesammelte Roheisen wird bei Oefen mit geschlossener Brust abgestochen, indem man eine mit Sand oder Thon verstopfte Oeffnung (Stich) unmittelbar über den Bodenstein ansticht und hier das Metall abfliessen lässt. Die Schlacken gelangen entweder über den Wallstein auf die Schlackentrifft, wenn sie träge fliessen, oder in transportable Eisenkästen oder besondere Schlackenformen, wenn sie sehr flüssig sind.

Bei unmittelbarer Verwendung des Roheisens aus dem Hohofen zum Gusse ist es zweckmässig, den Vorherd mit einem davon getrennten Schöpfherd zu verbinden, oder als sogenannten Stichherd einzurichten; bei ersterer Einrichtung wird das Gussmaterial mittelst Kellen dem Herde entnommen, bei der zweiten lässt man das Roheisen durch eine Stichöffnung in die vorgesetzte Giesspfanne abfliessen.

Sehr häufig werden beim Hohofenbetriebe die aus der Gicht entweichenden brennbaren Gase zum Erhitzen der Gebläseluft, Heizen von Dampfkesseln, Rösten von Erzen, Brennen von Kalksteinen, Trocknen der Formen und Formmaterialien etc. verwendet, und werden dann verschiedene Vorrichtungen nothwendig, um die Gichtgase abzufangen und weiter zur Verwendung zu bringen.

Den ganzen Prozess, der nun im Hohofen vor sich geht, kann man als aus drei Theilen bestehend betrachten, nämlich aus der Reduktion der Erze zu metallischem Eisen, aus der Kohlung des reduzirten Eisens und aus der Schlackenbildung. In Wirklichkeit werden die einzelnen drei Prozesse keineswegs durch getrennte Operationen ausgeführt, sondern es finden dieselben in einem im Betrieb stehenden Hohofen unausgesetzt und gleichzeitig statt, der Deutlichkeit wegen ist es jedoch gut, sie getrennt von einander zu betrachten.

Zur Reduktion der Eisenerze zu metallischem Eisen dienen als

Brennmaterial fast ausschliesslich Holzkohlen und Koks, die mit den Erzen in abwechselnden Lagen im Hohofen aufgegeben werden. Viel mehr als diese festen Brennmaterialien sind es indessen die in den untern Verbrennungsschichten gebildeten Gase (Kohlenoxydgas, Wasserstoffgas, Kohlenwasserstoff, Grubengas, Cyangas), welche die Reduktion bewirken.

Die Kohlung des reduzirten Eisens geschieht ebenfalls durch die bei der Verbrennung gebildeten Gase (Kohlenoxydgas, Kohlensäure, Kohlenwasserstoff, Grubengas und Cyan) und zwar so, dass die Kohlung des Eisens eine nothwendige Folge der Verschmelzung desselben mit kohlenstoffreichem Brennmaterial ist, und ist darauf zu sehen, dass das reduzirte Eisen eine bestimmte, besonders nicht zu kleine Menge Kohlenstoff aufnimmt.

Die Schlackenbildung an und für sich ist ebenfalls kein künstlich vorbereiteter Prozess. Alle Eisenerze sind, wie sie sich in der Natur vorfinden, mit fremden Bestandtheilen (Gangart) vermengt, und diese giebt geschmolzen schon verglaste Verbindungen, welche Schlacken heissen. Eine Gesammtverflüssigung aller Erzmassen ist sogar nothwendig, weil ungeschmolzene Gangart beharrlich beträchtliche Theile von Eisen zurückhält, und weil nur durch eine möglichst vollständige Ausnutzung der Erze die Rentabilität der Eisengewinnung ermöglicht ist. Es ist aber die Hauptschwierigkeit des Hohofenprozesses, eine rechtzeitige Schlackenbildung und die Bildung einer richtigen, d. h. je nach den herrschenden Verhältnissen streng oder leicht flüssigen Schlacke zu bewirken.

Die Arbeiten beim Hohofenbetriebe erfordern grosse Umsicht und in ihrer richtigen Anordnung vielfache Erfahrung und umfassende Kenntnisse. Ein fertiggebauter Ofen bedarf, um in geregelten Betrieb gesetzt zu werden, eine sehr lange Zeit des Auswärmens und Austrocknens; das erste Beschicken des Hohofens geschieht äusserst vorsichtig, und das zuerst gewonnene Eisen ist in der Regel sehr kohlenstoffarm; nachdem jedoch eine regelmässige Beschickung des Ofens an der Gicht stattfinden kann, ordnen sich die Betriebsgeschäfte derart, dass zu gewissen Zeiten dieselben Operationen wiederkehren, und ein gleiches Produkt erzielt werden kann. Wenn die Erze von der Gicht zum Gestelle allmälig niedergegangen sind, werden die Gebläse in Thätigkeit gesetzt; nach einiger Zeit, wenn sich im unteren Gestellraum hinlänglich flüssiges Metall gesammelt und so viel Schlacke gebildet hat, dass diese gegen die Form emporzusteigen beginnt, erfolgt der Abstich oder ein Durchbruch der vorher mit einem Gemenge von Lehm und Kohlenstaub verstopften Abstichöffnung mittelst Eisenstangen. Die Schlacken lässt man entweder vorher durch eine Oeffnung des Wallsteins abfliessen, oder man wirft sie von dem in Gruben feuchten Sandes sich ergiessenden Eisenstrome ab. Hierauf wird der Abstich wieder geschlossen, das Gebläse eingestellt und so unter immerwährender neuer Aufgabe von Beschickung und Kohle das Abstechen innerhalb 8 bis 12 Stunden

wiederholt und mit der ganzen Arbeit fortgefahren, bis der Ofen einer Ausbesserung bedarf; den Schluss der Kampagne eines Hohofens bildet das Ausblasen, indem man ohne Aufgabe neuer Gichten die ganze Schmelzsäule allmälig niederbrennt und den Ofen erkalten lässt.

Das im Hohofen gewonnene Eisen nennt man Roheisen oder Gusseisen. Dieses ist nun je nach der Natur der Eisenerze und deren Behandlung von höchst verschiedener Beschaffenheit, so dass man fast nie ein und dasselbe Produkt erhält. Es ist ein Eisen, welches sich nicht wohl mit dem Hammer und durch Walzwerke bearbeiten lässt, sondern nur zum Guss taugt, und im Verhältniss zu dem Schmiedeeisen durch seine fremden Bestandtheile als roh bezeichnet werden muss. Der Kohlenstoffgehalt des Roheisens ist 2,0 bis 6,0 pCt; ausserdem enthält es zunächst Silicium, Schwefel, Phosphor, Mangan, dann aber auch Kupfer, Arsen, Calcium, Aluminium, Magnesium, Kalium, Natrium, Titan, Stickstoff etc.

Nach Farbe und Struktur erscheint es bald als weisses Roheisen, bald als graues Roheisen.

Nach Karsten tritt der Kohlenstoff im Roheisen sowohl chemisch gebunden als auch mechanisch beigemengt auf, und zwar enthält weisses Roheisen im wesentlichen nur die erste Modifikation, graues dagegen beide Arten. Nach Schafhäutel entsteht das weisse Roheisen, wenn sich Kohlenstoffkiesel mit Kohlenstoffeisen und einer geringen Quantität Kohlenstickstoff verbinden; graues Roheisen hingegen bildet sich, wenn sich das reine Eisen mit Kiesel, Aluminium und Kohle verbindet, und ist somit Kieseleisen und Kohlenstoffeisen mit wenigem Aluminiumkiesel.

Beim weissen Roheisen unterscheidet man verschiedene Abarten:

Spiegeleisen; es hat silberähnlichen Glanz mit grossen ebenen Spiegelflächen; es ist sehr rein und enthält in der Regel bis zu 5 pCt. chemisch gebundenen Kohlenstoff und einen Mangangehalt von 3—20 pCt. Das weisse Roheisen hat die Härte von Quarz und widersteht den Angriffen der Feile; seiner Härte wegen wird es wohl Hartfloss genannt. Ferner ist dieses Eisen äusserst spröde und zerbricht leicht durch Stoss oder Schlag.

Das Spiegeleisen geht beim Schmelzen schnell in den dünnflüssigen Zustand über, füllt auch die Formen gut aus, eignet sich aber trotzdem nicht zum Giessen, weil es rasch und mit unebner Oberfläche erkaltet; bei langsamer Abkühlung sondert sich Graphit ab, und verwandelt es sich, namentlich wenn es vorher über seinen Schmelzpunkt hinaus erhitzt gewesen war, in graues.

Dem Spiegeleisen zunächst steht das weissgare Eisen, auf dieses folgt das schon merklicher sich zum grauen Roheisen hinneigende blumige Roheisen (Flossen) mit 3,5 : 4 pCt. Kohlenstoff; hat etwas bläuliche Farbe und blumige, feine strahlige Textur; luckiges Eisen (gross-

und kleinluckige Flossen) mit 2,7—3,5 pCt. Kohlenstoff und poröse gekrauste Flossen mit bis zu 2 pCt. Kohlenstoff zeigen zackigen Bruch mit grössern oder kleinern Höhlungen.

Mit abnehmendem Kohlenstoffgehalt erhöhen sich Weichheit und Dickflüssigkeit, so dass Spiegeleisen am härtesten, dabei aber in einem gewissen Grade dünnflüssig ist, gekrauste Flossen aber sind weich und schmelzen nur teigartig ein.

Kohlenstoffarmes Weisseisen entsteht auch wohl in folge unreiner phosphor- und schwefelhaltiger Erze, die ins Roheisen treten und dessen vollständige Kohlung verhindern. War die Temperatur hoch genug, so entsteht phosphor- und schwefelärmeres Weisseisen von garem Gang, im anderen Falle Weisseisen vom Rohgang (grelles Eisen); ersteres kann wohl noch zu ordinären Stabeisensorten verwendet werden, letzteres ist kaum brauchbar.

Grelles Eisen, dessen Farbe schon mehr ins Graue spielt, ist etwas porös, dabei aber von ziemlich ebenem Bruch. Es bildet den Uebergang vom weissen zum grauen Roheisen, dessen Farbe schon mehr ins Graue spielt, ist aber zum Bearbeiten mit der Feile, zum Bohren etc. noch zu hart.

Abgeschrecktes weisses Roheisen entsteht durch plötzliche Abkühlung von flüssigem grauem Roheisen; durch Umschmelzen und langsam erfolgtes Abkühlen geht es jedoch wieder in seinen vorigen Zustand, in graues Eisen, über.

Die weissen Roheisensorten haben nach Pouillet einen Schmelzpunkt bei 1050 $_0$C.

Das graue, gemeine oder gare Roheisen ist lichtgrau bis dunkelschwarz, was von dem geringern oder grössern Gehalt ausgeschiedenen Graphits herrührt; seine Struktur ist schuppig, grob- oder feinkörnig bis dicht; mit dem dichteren Gefüge tritt auch die hellere Farbe in Zusammenhang. Bei dunkler Farbe hat das Roheisen mehr spiegelnden Glanz, der jedoch dann fehlt, wenn es einen grossen Gehalt an Erdmetallen besitzt.

Beim grauen Roheisen unterscheidet man wohl schwarzgraues übergares Roheisen, das bei sehr hoher Temperatur erzeugt und mit Graphit überladen ist, und halbirtes Roheisen, in dem man deutlich weisses Roheisen eingemischt wahrnehmen kann; je nach der Menge des weissen Roheisens unterscheidet man dann wohl schwach halbirtes und stark halbirtes; ersteres zeigt auf grauem Grunde weisse Flecken oder Streifen, letzteres auf weissem Grunde graue Flecken oder Streifen; sind die Absonderungen vorherrschend streifig, so nennt man es streifiges Eisen.

Graues Roheisen bezeichnet man wegen seiner verhältnissmässigen Weichheit als „Weichfloss“, es lässt sich bohren, feilen, drehen und nimmt sogar die Eindrücke des Hammers an. Es nimmt zunächst kurze

Zeit beim Uebergange aus dem festen in den flüssigen Zustand eine teigige Beschaffenheit an, wird aber dann bei gesteigerter Temperatur plötzlich dünnflüssig und erstarrt beim Erkalten langsam mit dichter ebener Fläche. Hierauf beruht hauptsächlich seine Verwendbarkeit als Gussmaterial. Die Schärfe und Reinheit, die beim dünnflüssigen Gusseisen an dem Gusse wahrnehmbar ist, erhöht sich noch wesentlich dadurch, dass das Gusseisen beim Erstarren sich etwas ausdehnt und eben dadurch die Formen auf's Vollkommenste füllt.

Ausserdem hat das Gusseisen die interessante Eigenschaft, nach Erhitzung und darauf folgender Abkühlung eine bleibende Volumensvermehrung anzunehmen, welche bei mehrmaliger Wiederholung bis 3 bis 4 pCt. (linear) betragen kann.

Wird geschmolzenes graues Roheisen plötzlich abgekühlt, so erleidet es eine sehr durchgreifende Umwandlung und geht in abgeschrecktes weisses Roheisen über. Aus diesem Grunde erhalten die Güsse in feuchtem Sande oder in nicht vorgewärmten eisernen Formen eine sehr harte Oberfläche (Hartguss). Ausserordentliche Härte, Dichtigkeit und Zähigkeit, sowie Feinheit des Korns erzielt man beim Guss von Wagen und Maschinentheilen, wenn dem Gusseisen etwa 5 pCt. Wolfram beigesetzt sind. C. Biermann in Hannover liefert zu diesem Zweck Legirungen von Stahl und Eisen, welche 20—50 pCt. Wolfram und 1½—6 pCt. Mangan enthalten; diese Legieerungen in Blockform können dem schmiedbaren Eisen leicht zugeführt werden, indem man sie mit demselben ohne weitere Manipulation zusammenschmilzt[1]).

Durch anhaltendes Glühen wird graues Roheisen mürbe, so dass den im Guss zu hart ausgefallenen Gegenständen durch Glühen die nöthige Weichheit zur weitern Verarbeitung gegeben werden kann.

Ein eigenthümliches Verhalten weist das Gusseisen nach, das lange im Wasser gelegen hat; es wird nach und nach porös und verliert bedeutend am Gewicht. Offenbar verbindet sich — wenn auch nur äusserst langsam — ein Theil des Eisens mit den im Wasser vorhandenen Elementen der Kohlensäure und des Sauerstoffs zu doppelt kohlensaurem Eisenoxydul, das im Wasser aufgelöst und weggeführt wird, und zuletzt einen porösen Körper hinterlässt. Wird ein solches im Wasser verändertes Gusseisen an die Luft gebracht, so nimmt es diese in sich auf, und es beginnt auf der Oberfläche ein so energischer Oxydationsprozess, dass dieselbe nahezu rothglühend wird.

Solche Beobachtungen sind vielfach gemacht worden[2]).

Der Schmelzpunkt des grauen Roheisens wird nach neuern Ermittelungen zu 1100° C. angegeben.

Das spezifische Gewicht des Roheisens schwankt zwischen 0,635—7,889.

---

[1]) Der Maschinenbauer 1874. S. 351.

[2]) Maschinenbauer 1879. S. 93.

Das Entphosphorisiren des Roheisens.

In allerneuester Zeit hat sich in bezug auf die Fabrikation des Giessereiroheisens ein ungemein grosser Fortschritt dadurch geltend gemacht, dass die beim Hohofenbetriebe bisher benützte Gebläseluft, die 450° kaum überschritt, durch Regeneratoren nach den Systemen Siemens, Cowper und Whitwell auf 850° und noch darüber erhitzt werden kann, ohne die betr. Apparate frühzeitig dadurch zu zerstören. Eine solche ausserordentliche Verbesserung eines der wesentlichsten Hülfsmittel zur Roheisenfabrikation konnte nicht verfehlen, dem Hohofenbetrieb ganzer Länderstriche einen andern Stempel aufzudrücken[1]).

Eine Umwälzung in der Eisenindustrie der Gegenwart möchte sich übrigens auch geltend machen, nachdem die Mittel gefunden sind **phosphorhaltige Eisenerze** zu einem brauchbaren Gusseisen zu verarbeiten. So wird bei Krupp in Essen das flüssige Roheisen in einen rotirenden Ofen geleitet, dessen Futter aus basischen Oxyden des Eisens oder des Mangans besteht, und giebt man wohl je nach der chemischen Zusammensetzung des Roheisens noch solche Oxyde als Zuschlag bei. Bei der entsprechenden Temperatur scheiden sich Silicium, Schwefel, Mangan und insbesondere der Phosphor aus dem Roheisen aus und gehen in die Schlacke über. Ist eine solche Reaktion erfolgt und beginnt der Kohlenstoff angegriffen zu werden, so ist das flüssige Roheisen abzustechen und wird dann sofort zu Schmiedeeisen oder Stahl von beliebigem Kohlengehalte verarbeitet.

In ähnlicher Weise verfährt der Engländer J. Lowthian Bell, der sich ein Verfahren patentiren liess, nach welchem das vom Hohofen kommende Flusseisen mit Eisenoxyd behandelt wird: Hierzu dient entweder das natürliche Erz, oder die Nebenprodukte und Schlacken vom Puddelprozess.

Das Eisenoxyd wird bei dem Bell'schen Verfahren in einem Kupolofen geschmolzen, wobei die Temperatur aber nicht so hoch steigen darf, dass dasselbe zu Metall reduzirt wird. Sollte es so rein sein, dass es leicht reduzirbar ist, so setzt man Silikate zu, um die richtige Temperatur inne zu halten, welche die Schmelzhitze des Flusseisens nicht übersteigen soll. Das Eisen wird dann mit dem geschmolzenen Eisenoxyd in einen Rotator gebracht, und darf die Hitze hier nicht so hoch steigen, dass der Kohlenstoff aus dem Eisen schnell abgeschieden wird. Mit dem Phosphor wird auch der grösste Theil Silicium und Schwefel abgeschieden.

Die Menge Eisenoxyd soll so gross sein, dass, wenn es allen Phosphor aufgenommen hat, dasselbe nicht über 7 pCt. davon enthält.

---

[1]) Näheres über den Hohofenbetrieb v. Ferry, Curique und Comp. in Micheville nach Whitwell's System giebt Dingler's polyt. Journ. 1879. B. 231. S. 372.

Nach 5 bis 10 Minuten ist die Ausscheidung des Phosphors vollendet, das Eisen wird abgelassen und zwar direkt in den Ofen, in welchem es in Schmiedeeisen oder Stahl umgewandelt wird.

Auf einfacherem Wege lässt sich der Phosphorgehalt des Roheisens aber beseitigen, wenn man die Oefen, in welchen das Flusseisen erzeugt wird, mit gewissen feuerbeständigen und stark basischen Substanzen ausfüttert; bei hohen Temperaturen muss das Futter selbstverständlich kohärent bleiben und die Bildung einer basischen Schlacke ermöglichen.

Zur Herstellung von feuerfesten basischen Ziegeln, dann von Ofenfuttern für Siemens Rotatoren und Bessemers Konvertern etc. hat Sidney Gilchrist Thomas in Battersea (Surrey, England) Patente erworben, auf die ihrer hohen Bedeutung wegen hier näher eingegangen werden soll.

„Wenn man — sagt Thomas — mit einer basischen Schlacke arbeitet, so ist es möglich, fast den ganzen in dem zu bearbeitenden Roheisen enthaltenen Phosphor zu entfernen und auf diese Weise gutes Flusseisen und Stahl aus stark phosphorhaltigem Roheisen darzustellen. Die Schlacke darf höchstens 35 pCt. Kieselsäure enthalten. Ich habe 8 bis 10 pCt. Phosphorsäure in der (ca. 12 pCt. Kieselsäure enthaltenden) Schlacke gefunden, welche sich in einer mit einer der hier beschriebenen Mischungen ausgefütterten Bessemer-Birne bildete. In diesem Falle gingen nur 3 pCt. des in dem Roheisen enthaltenen Phosphors in den Stahl über.

Eine ungefähr 16 pCt. Kieselsäure enthaltende Schlacke entfernt den Phosphor in sehr wirksamer Weise.“

Zur innern Ausfütterung der Rotatoren und Konverter nimmt Thomas gewöhnlichen gemahlenen Kalk (frei von Phosphorsäure) und mischt denselben mit ungefähr 5 bis 15 pCt. Gewichtstheilen einer Lösung von Natron- oder Kaliwasserglas, oder mit nahezu derselben Menge Thon oder Thonschiefer, oder mit 10 bis 20 pCt. gemahlener Hohofenschlacke aus Eisenwerken oder mit Erzofenschlacke aus Kupfererzen.

Portlandcement oder jeder ähnliche hydraulische Cement oder Kalk, oder irgend ein natürliches Magnesiasilikat kann ebenfalls als Bindemittel benutzt werden. Eine Mischung von 3 Th. Kalk und 2 Th. Portlandcement hat sich als sehr bewährt gezeigt. Magnesiakalkstein, Magnesia, kohlensaures Magnesia, Kalk oder kohlensaurer Baryt können in diesen Mischungen für Kalkstein substituirt werden, doch ist Kalkstein gewöhnlich vorzuziehen.

Die Natronsilikatlösung, die von Thomas angewendet wurde, hatte ein spez. Gew. von 1,5; eine verdünntere Lösung, um die Ausfütterungs-Masse gehörig anzufeuchten, ist dabei nicht ausgeschlossen[1]).

Was die Thomas'schen basischen Ziegel anbetrifft, so verwendet man beim Cleveland-Verfahren Futtersteine, die 10 pCt. Kieselsäure, 4 bis 6 pCt.

---

[1]) Ausführliches siehe: K. D. Patentschrift No. 6080.

Thonerde (und Eisen), 30 pCt. Magnesia und 54 pCt. Kalk enthalten; solche Steine lassen sich aus magnesiahaltigen Kalksteinen und Wasserglas herstellen und brennen sich in anhaltender Weissgluth basaltähnlich hart[1]). Um ähnliche basische Steine herzustellen, nahm der Engländer Riley einen Dolomit, dem gebrannt noch 5—7½ pCt. Chamotte zugesetzt wurden; die so erhaltene Masse wurde dann mit 5 bis 10 pCt. rohem Petroleum, Theer und schlechtem Harzöl gemischt und in einer kräftigen hydraulischen Bodmer-Presse geformt; eine Analyse der fertigen Steine ergab: 8,8 pCt. Kieselsäure, 2,6 pCt. Thonerde, 1,4 pCt. Eisenoxyd, 51,8 pCt. Kalk, 35,3 pCt. Magnesia.

Um phosphorreiche Eisenerze zu Flusseisen zu verarbeiten, hat auch die Société anonyme de fers et aciers par alliages de manganèse à Paris ein Patent erworben. Die betreffende Erfindung geht von der Ansicht aus, dass es erstens möglich sei, im Guss- und Schmiedeeisen, das zur Herstellung des Stahles verwendet werden soll, eine bemerkenswerthe Menge von Phosphor zu lassen, unter der Bedingung, dass der Kohlenstoff ganz oder theilweise in entsprechendem Verhältnisse zu dem bleibenden Phosphor entfernt wird, und dass zweitens an die Stelle des so ausgetriebenen Kohlenstoffes neben Phosphor auch Mangan unter der Form von Ferro-Mangan treten muss. Um dies zu erreichen, ist dreierlei ins Auge zu fassen:

1. Die vorläufige Behandlung des geschmolzenen Eisens, welches in phosphorhaltigen Stahl umgewandelt werden soll, und dessen Reinigung mit Hülfe eines Apparates, welcher aërodynamischer Reiniger genannt wird.

2. Die Umwandlung von phosphorhaltigem Guss- und Schmiedeeisen in phosphorhaltigen Stahl oder in ein Metall, welches die physikalischen und mechanischen Eigenschaften des Stahles hat, durch Anwendung von Ferro-Mangan.

3. Die Darstellung von Ferro-Mangan durch verschiedene vervollkommnete Hülfsmittel[2]).

Das neueste Verfahren zur Entphosphorung des Roheisens besteht nach der Angabe des engl. Eisenhüttentechnikers C. Bull darin, dass man in das flüssige Roheisen einen mit heisser Luft gemischten Dampfstrahl eintreibt; hierbei wird sich der Wasserdampf zersetzen und verbindet sich dann der Wasserstoff mit dem vorhandenen Phosphor zu Phosphorwasserstoff, welcher in Dampfform entweicht.

Bewährt sich dies Verfahren, wie dies vielseitig bereits behauptet

---

[1]) Näheres siehe: K. D. Patentschrift No. 5869.

[2]) Ueber das Nähere dieser drei Prozesse siehe: Bayer. Industrie- und Gewerbeblatt 1879 S. 196—203; mit Abbildung und Beschreibung des aërodynamischen Reinigers.

wird, so möchte es erfolgreich mit dem theureren Thomas-Gilchrist-Prozesse konkurriren können[1]).

Anwendung des Roheisens.

Unter den verschiedenen Sorten des Roheisens eignen sich das hell- und mittelgraue, sowie das halbirte am besten zum Guss; das dunkelgraue hat nur wenig Festigkeit und giebt poröse undichte Güsse und darf höchstens zu grossen Stücken verwendet werden, welche keine besondere Haltbarkeit zu besitzen brauchen; das weisse Eisen ist zu spröde und dickflüssig und schliesst sich beim Guss nicht scharf genug an die Formen an.

Dem Giessen des Eisens geht das Einschmelzen desselben voraus. Das einfachste und billigste Verfahren hierbei ist, das dem Hohofen im flüssigen Zustande entnommene Eisen direkt in die Formen laufen zu lassen, allein diese Methode ist nur in sehr beschränktem Maasse anwendbar. Das direkte Giessen aus dem Hohofen setzt voraus, dass die Giesserei wie der Hohofen selbst ununterbrochen im Gange sei und bietet ausserdem den besonderen Nachtheil, dass nie mit Sicherheit die Eisensorte erzielt werden kann, welche für die anzufertigenden Gussstücke die tauglichste ist. Ein besonderes Umschmelzen des Eisens gewährt hingegen den Vortheil, dass man ein an und für sich reineres und festeres Eisen erhält, und dass man mit Leichtigkeit die für den Guss geeignete Eisensorte auswählen oder durch Zusammenschmelzen „Gattiren" verschiedene Eisensorten erzeugen kann.

Das Umschmelzen des Eisens im Kleinen geschieht zuweilen in feuerfesten Thon- oder Graphittiegeln, worin das zerkleinerte Eisen mit Kohlenstaub oder Hohofenschlacke bedeckt wird, um es gegen die Einwirkung der Luft zu schützen. In solchen Tiegeln werden 10—15 Kgr. Eisen unter Einwirkung eines kleinen Gebläses verschmolzen, um für kleinere Gegenstände, z. B. Bijouteriewaaren verwendet zu werden.

Das Umschmelzen des Eisens im Grossen geschieht entweder in Flammöfen oder in Schachtöfen. Im Flammofen kommt das umzuschmelzende Eisen nicht in direkte Berührung mit dem Brennmaterial, sondern es streicht nur die Flamme des auf einem (mit dem Schmelzherde gemeinsam überwölbten) Roste unterhaltenen Steinkohlenfeuers über die in dem länglichen Schmelzherde befindlichen Roheisenstücke hin. Dem Feuerrost gegenüber, an der tiefer liegenden schmalen Seite befindet sich das Abstichloch. Die Flammöfen haben den Vortheil, dass das Eisen, weil es nicht in direkte Berührung mit dem Brennmaterial kommt, aus diesem keine ihm schädlichen fremden Stoffe, namentlich keinen Schwefel auf-

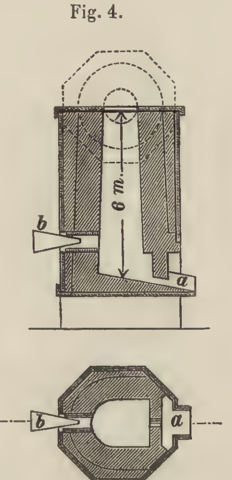
[1]) Prof. R. Wagner machte darauf aufmerksam, dass die Priorität dieser Erfindung dem Prof. Cl. Winkler zu Freiberg i. S. zukomme. Näheres giebt Dinglers polyt. Journ. 1880. Bd. 236. S. 147 u. s. f.

nehmen kann. Da es ausserdem im Flammofen leicht ist, das Roheisen etwas zu entkohlen, so wird es möglich, im Flammofen auch dunkelgraues Eisen zu verwenden und es durch das Umschmelzen zum Guss geeigneter zu machen. Der Herd eines Flammofens fasst wohl 25 bis 100 Ztr. Eisen, und giebt es Oefen, die stündlich 50 Kgr. Roheisen verschmelzen.

In Flammöfen wird besonders leicht halbirtes Eisen von hoher absoluter Festigkeit geschmolzen, wie es z. B. zur Herstellung gusseiserner Walzen erforderlich ist; auch werden die Oefen gern da benutzt, wo es sich um bestimmte Zwecke, z. B. Niederschmelzen grosser Gussstücke oder um Darstellung eines besonders homogenen Eisens handelt.

Der in der Eisengiesserei angewandte Schachtofen führt den Namen Kupolofen (Fig. 4). Es ist ein nicht über 6,00 m. hoher Ofen, in welchem das Roheisen in direkter Berührung mit Koks, und zwar schichtenweise mit demselben, unter der Wirkung eines Gebläses b umgeschmolzen wird. Der Ofen ist aus feuerfesten Steinen mit einem Mörtel aus Thon und Sand angefertigt und äusserlich gewöhnlich mit eisernen Platten bekleidet. Der innere Schachtraum ist kegel- oder pyramidenförmig, von kreisrundem, vier- oder achteckigem Querschnitt nach oben verjüngt und hat an seiner breitesten Stelle 0,45—1,00 m. Durchmesser. Das Abstichloch a befindet sich am untersten Theile des Ofens und ist während des Einschmelzens mit einem Pfropfen aus Lehm und Kohlenstaub verstopft. Koks und Roheisenstücke werden wie beim Hohofen von oben her in abwechselnden Schichten in den Kupolofen gegeben. Der Abstich kann jederzeit erfolgen, sobald sich in dem untern Theil des Ofens eine für einen gewissen Guss genügende Quantität Eisen angesammelt hat. Ein Kupolofen pflegt des Tages 60 bis 80 Ztr. Gusseisen zu liefern, welche in 6 bis 7 Stunden vergossen werden; es giebt jedoch auch Oefen, die mit 100 Kgr. Beschickung pro Stunde 25 Ztr. Gusseisen liefern.

Fig. 4.



Die Form der Kupolöfen zeigt verschiedene Variationen, namentlich aber ist dies der Fall in der Anordnung der Windeinströmung; die neuen Kupolöfen besitzen in der Höhe ihrer Schmelzzone sogenannte Windmäntel, die entweder ausserhalb oder im Innern der Oefen angebracht sind, und aus welchen der zugeführte Wind durch angebrachte Düsen oder Schlitze in den innern Ofenraum eintritt. Bei neueren Kupolöfen benützt man einen doppelten Mantel aus Gusseisen, der vom Stichloch bis zur Gicht den Ofen umhüllt; derselbe dient als Reservoir und Vertheiler für

drei Reihen von Düsen, welche in Abständen von 30 cm. über einander angebracht sind; diese von Voisin getroffene Einrichtung geht darauf hinaus, dem in der Schmelzzone sich bildenden Kohlenoxydgase so viel Sauerstoff zuzuführen, dass es wenigstens zum grössern Theil mit Nutzen für die Schmelzung verbrannt werden kann, wodurch gleichzeitig die Gichtflammen sich verkleinern werden. Diese Einrichtung, die übrigens an allen bestehenden Oefen leicht ausführbar ist, hat eine wesentliche Baumaterial-Ersparniss ergeben[1]).

Um das Ausscharren des Ofens nach erfolgter Schmelzung des Eisens nicht nach gewöhnlicher Art vornehmen zu müssen, hat man Kupolöfen gebaut, deren beweglicher Boden eine Art Fallthüre bildet, die sich nach abwärts öffnen lässt, hierdurch hat man Gelegenheit, die nach dem Ausblasen und Oeffnen der Klappe herunterfallenden glühenden Massen sofort zu beseitigen.

Fig. 5.

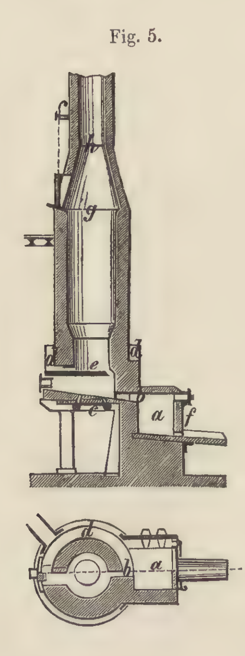


Fig. 5 zeigt eine Aenderung des Krigar'schen Kupolofens bei dem der eigentliche Herd einen Vorherd (a) bildet, auch lässt der von Säulen getragene Ofen den freien Zutritt von unten zu, von wo die Herdsohle gereinigt werden kann. Ein enger Kanal b verbindet diese Herdsole mit dem Vorherde, der mit gusseisernen Platten armirt und durch die Arbeitsthür c, welche Stichloch und Schlackenstich enthält, geschlossen ist. Die Windzuströmung findet durch den Ringkanal d und den hufeisenförmigen Schlitz e in schräger Richtung nach unten statt; der eigentliche Ofen reicht nur bis zur Gicht g g, wo eine verschliessbare Oeffnung zum Beschicken des Ofens angebracht ist; zur Abführung der Gichtgase dient eine über die Gicht sich erhebende, verengte Esse (h).

Als eine vielfach anderweitige Variation des Kupolofens ist der von Ireland konstruirte zu betrachten; bei diesem Ofen ist eine grössere Anzahl von Düsenlöchern und die Verwendung eines sehr starken Winddruckes charakteristisch und resultirt hieraus die grosse Brennmaterialersparniss, die der Ireland'sche Ofen dem gewöhnlichen Kupolofen gegenüber nachweist.

Das flüssige Eisen wird dem Umschmelzofen auf verschiedene Weise entnommen und den zum eigentlichen Guss dienenden Formen zugeführt. Entweder lässt man das dem Umschmelzofen entfliessende Eisen durch eine im Hüttenboden angelegte Rinne direkt ablaufen, oder man füllt mit

---

[1]) J. Voisin, Armengaud, Publicat. industrielle 1875. XXII. p. 185.

dem Eisen kleinere oder grössere eiserne mit Lehm bestrichene Kellen oder Pfannen, welche, aus freier Hand oder vom Krahn getragen, den Formen zugeführt und daselbst entleert werden. Beim Eingiessen in die Form wird die an der Oberfläche schwimmende Schlacke durch eiserne Krücken vor dem Einlaufen in die Form abgehalten. Für grosse Gussstücke sammelt man in einer grossen Pfanne die aus mehreren Umschmelzöfen entnommene Eisenmasse, um dieselbe in ununterbrochenem Strahl in die Form giessen zu können.

Die Kunst, die für den Guss nöthigen Formen herzustellen, wird die Formerei genannt. Die hohe Temperatur des geschmolzenen Eisens zwingt dazu, die zum Eisenguss bestimmten Formen nur aus feuerfesten Stoffen anzufertigen; es werden dazu verwendet Sand, Lehm und Gusseisen, und hiernach unterscheidet man vier Hauptarten der Eisengiesserei, nämlich Sandguss, Massenguss, Lehmguss und Schalenguss.

Der Sandguss, auch Herdguss genannt, bedient sich des Formsandes, eines mehr oder weniger thonhaltigen Quarzsandes, der durch seinen Thongehalt die Eigenschaft einer plastischen Masse erhält. Der Formsand darf nicht zu grob und muss möglichst gleichmässig im Korn sein, damit die Gussstücke eine möglichst glatte, von Grübchen freie Oberfläche erhalten. Der Formsand enthält so viel Thon, dass er sich beim Befeuchten mit Wasser ballt und wird durch Zusatz von Kohlenstaub so locker gemacht, dass die Wasserdämpfe, die bei der Berührung des heissen Gusseisens mit dem feuchten Sande sich bilden, leicht entweichen können; wird der Guss unmittelbar auf der mit Formsand bedeckten Hüttensohle vorgenommen, so entsteht der Herdguss, und dieser wird angewendet für Gegenstände, die auf einer Seite eben sind, wie Gitter, Platten, einfache Räder, Roststäbe etc., wobei das Modell so in den Formsand eingedrückt wird, dass dessen Oberfläche horizontal ist.

Beim Sandformen unterscheidet man die grünen Formen, in welche ohne vorheriges Trocknen das Eisen gegossen wird, oder man trocknet sie vor dem Guss. Die Oberfläche der grünen Form wird mit gemahlenem Graphit oder Kohle bestäubt, um ein Anschmelzen des Sandes zu verhindern; bei trockenen Formen wird dasselbe erreicht, indem man dieselben im Innern mit im Wasser angeweichten Graphit bestreicht.

Gegenstände, welche stark im Eisen sind und besonders dicht im Gusse sein sollen, werden in Masse geformt. Dieses durch Mischung hergestellte Formmaterial besteht aus Lehm, Flusssand und Pferdemist zu gleichen Theilen.

Die Formen werden vor dem Giessen in den Trockenstuben erwärmt und vollständig ausgetrocknet. Den Massenguss verwendet man zum Giessen von eisernen Röhren, Kanonen etc., auch viele Galanteriewaaren, wie Schreibzeuge, Leuchter, Ringe werden auf diese Weise hergestellt.

Der Lehmguss bedient sich der aus Lehm hergestellten Formen, bei

welchen der Lehm gewöhnlich nur die äussere Bekleidung eines aus Ziegelsteinen ausgemauerten Kernes bildet. Er wird angewendet für sehr grosse Gegenstände, und zwar für solche, für die man ein besonderes Modell nicht anfertigt, wie z. B. zum Guss von Kesseln, Glocken etc. Beim Lehmguss unterscheidet man den inneren Kern, das Modell, durch welches die Gussstärke bestimmt ist, und den Mantel, die Umhüllung des Modells. Die Lehmformen werden stets vollständig ausgetrocknet.

Der Schalenguss geschieht in Formen von Gusseisen, sogenannte Schalen oder Coquillen; auch hier wird das Eisen wie beim Sandguss durch die kalten Wände der Form abgekühlt und erhält dadurch eine sehr harte Oberfläche. Beim Schalenguss ist es in der Regel Zweck, Gussstücke herzustellen, welche an ihrer Oberfläche grosse Härte besitzen (Hartguss). Walzen zum Ausstrecken des Blechs, Eisenbahnwagenräder etc., werden wohl in dieser Weise gegossen, weil durch die schnelle Abkühlung der Oberfläche sich hier das graue Roheisen in hartes weisses verwandelt; da im Innern das Gussstück aus grauem Roheisen besteht, so wird es trotz seiner grossen Härte dennoch nicht spröde und zerbrechlich sein. Die grossen Vortheile des Schalengusses liegen darin, dass diese Form zum Anfertigen vieler Gussstücke benützt werden kann, während beim Sand-, Massen- und Lehmguss die Form nach jedesmaligem Giessen erneuert werden muss, da sie beim Guss selbst verloren geht. Die Modelle, deren man sich bedient, sind für manche Gegenstände nur von Holz, für andere von Gusseisen selbst, auch von Bronce etc. und müssen, wenn die Grösse des Gusses genau bestimmt ist, nach einem Schwindmaass angefertigt sein.

Mit dem Schalenguss verwandt ist der Schwenkguss[1]); in die mehrtheilige, wohl zusammengefügte, gut vorgewärmte eiserne Form wird geschmolzenes Eisen gegossen, einige Sekunden ruhen gelassen, und durch Umstürzen der Form der noch grösstentheils flüssige Inhalt entleert. Man erhält hierdurch einen sehr dünnwandigen Guss, entsprechend der an den Wandungen der Form erstarrten Kruste.

Beim Centrifugalguss wird das geschmolzene Eisen in eine rotirende eiserne Form, deren Innenfläche eine Rotationsfläche sein muss, gegossen. Durch die Rotation legt sich das flüssige Eisen an die Formenwandungen an und erstarrt an denselben. Man hat durch Centrifugalguss Röhren und paraboloidische Hohlgefässe hergestellt[2]).

Eine sehr wichtige Neuerung in der Herstellung von Gusswaaren aus Eisen und Stahl besteht darin, dass man beim Giessen die Gussform mit solchen brennbaren Substanzen imprägnirt, die in der Berührung mit dem flüssigen Metall Feuer fangen. Es wird dadurch selbst ein kohlenstoffarmes Eisen in der sehr hohen Temperatur vollständig flüssig erhalten, so dass

---

[1]) Technisches Wörterbuch v. Karmarsch und Heeren III. Aufl. Band III S. 133.

[2]) Dinglers polyt. Journal, Band 114 S. 326.

es selbst die winzigsten Vertiefungen vollständig erfüllt; auch entsteht in der geschmolzenen Masse eine solche Bewegung, dass alle in ihr enthaltenen Gase entweichen, wodurch der Guss durchaus blasenfrei wird[1]).

Um Gusseisen seiner Qualität nach zu beurtheilen genügt es nicht, es auf sein Aussehen allein zu prüfen; sichere Resultate können nur gewonnen werden durch Analysen, oder für die einzelnen Anwendungen durch Verarbeitung oder durch Proben auf Druck oder Bruch[2]).

Nach dem Gusse werden die Gusswaaren so bearbeitet, dass ihre Giessnäthe abgehauen und der eingebrannte Sand von der Oberfläche entfernt wird; oft ist es wünschenswerth, das Gusseisen in verschiedener Weise zu bearbeiten, zu bohren, abzudrehen, zu feilen etc., durch schnelles Erkalten seiner Oberfläche sind aber die meisten Eisengüsse sehr spröde geworden und setzen den Bearbeitungs-Werkzeugen einen sehr grossen Widerstand entgegen; solchen Eisengüssen kann man aber durch Adouziren (Tempern, Anlassen) die nöthige Weichheit ertheilen.

Zu diesem Zwecke überzieht man Gussstücke mit Lehm und glüht sie zwischen Kohlen aus, oder man glüht sie unter trockenem Kiessand oder in mit Kohlenstaub angefüllten Kapseln bei nicht anhaltender Rothglühhitze. Sollen die Gusswaaren durch Adouziren auch eine gewisse Festigkeit erhalten, welche dem Stahl und dem Stabeisen eigenthümlich ist, so muss auf sie chemisch eingewirkt werden, und benutzt man dann Cementirpulver aus Kohle, Knochenasche, Eisenhammerschlag, rothen Eisenoxyd, Braunstein oder Zinkoxyd, Stoffe, die dazu bestimmt sind, das Gusseisen zu entkohlen, wenn man es mit diesen umhüllt und einer längeren Erhitzung aussetzt. Solchen durch die ganze Masse gleichmässig entkohlten Eisenguss nennt man hämmerbar, schmiedbar.

Hämmerbares Gusseisen, aus Roheisen eigens dargestellt, nimmt Stabeisennatur an und ist biegsam, schmiedbar und selbst schweissbar; es ersetzt mit bedeutend ökonomischen Vortheilen viele sonst viel theurere Gegenstände von Schmiedeeisen. Durch Einsatzhärtung mit Knochenkohle kann man manchen adouzirten Gegenständen stahlartige Beschaffenheit und schöne Politurfähigkeit geben. Die am besten aus weissem, reinem Roheisen gegossenen Gegenstände werden dann in gusseiserne zylindrische Tiegel mit Pulver von Hammerschlag, Roth- und Spatheisenstein in geröstetem oder gepochtem Zustande gesichtet, obenauf Adouzirpulver gethan, und nach weiterer Behandlung in einem Flammofen längere Zeit gleichmässig stark geglüht, worauf dann ein sehr langsames Abkühlen zu erfolgen hat.

Das spezifische Gewicht des adouzirten Eisens ist ein erhöhtes.

Seine Farbe ist unbearbeitet etwas weniger grauschwarz als bei Schmiede-

---

[1]) Dinglers polyt. Journal Band 228 S. 94.

[2]) Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1878.

eisen, mehr der des Gusseisens ähnlich; beim Bearbeiten mit der Feile erscheint die Farbe weiss mit bläulichem Stich, und gehört immerhin ein geübtes Auge dazu, es von Schmiedeeisen zu unterscheiden. Sein Bruch ist feinkörnig und glänzend, zuweilen grau, feinkörnig mit Neigung zum Sehnigen und dem weissen Stahl ähnlich. Bei grösseren Stücken ist der Bruch nicht homogen, aussen weiss, nach innen hellgrau; bei sehr dicken Stücken ist sehr häufig der unveränderte Gusseisenkern noch deutlich erkennbar.

Die Härte ist nicht gross und deshalb eignet sich der schmiedbare Eisenguss wenig zur Anfertigung von Werkzeugen, er nimmt aber stahlähnliche Politur an.

In kleinen Stücken lässt es sich sehr leicht biegen und verdrehen; oftmals wiederholtes Zusammenbiegen, ohne rissig zu werden, lässt auf die Güte des Materials schliessen. Hämmerbarer Guss lässt sich in kleinen Stücken kalt wie Schmiedeeisen leicht strecken und erhält dabei ein so feines Korn wie Stahl; im warmen Zustande verträgt er das Schmieden bei niedriger Temperatur ganz gut, er lässt sich ausstrecken, biegen, lochen, stauchen; bei fortgesetztem Schmieden aber zerbröckelt das Metall unter dem Hammer; ein Gleiches tritt ein beim Schmieden in höherer Temperatur, bei Rothgluth und angehender Weissglühhitze; bei noch höherer Temperatur schmilzt es wie Gusseisen. Aus diesem Grunde fehlt dem hämmerbaren Gusseisen die Schweissbarkeit, dagegen lässt es sich ausgezeichnet löthen und nimmt durch Cementation mit Kohle sowohl, als wie durch Abbrennen mit Blutlaugensalz eine so grosse Härte an, dass es zur Herstellung von Scheren, Rasirmessern etc. verwendet werden kann.

Vielfache Versuche haben ergeben, dass hämmerbares Gusseisen ebenso elastisch und fest wie gewöhnliches Schmiedeeisen ist, ohne die besseren Sorten zu erreichen; auch vermag es heftigen Stössen nicht zu widerstehen.

Was die Anwendung von hämmerbarem Gusseisen anbetrifft, so ist die erste Bedingung, dass die Stücke alle hinreichend dünn sind und 50 bis 60 mm. Stärke nicht überschreiten; solche Stücke wie z. B. Schlüssel, Hähne etc. sind dann auch billiger als aus Schmiedeeisen zu machen. Andererseits lassen sich manche Gegenstände wegen ihrer komplizirten Form nur schwer aus Schmiedeeisen herstellen, und sind daher mit Vortheil aus hämmerbarem Gusseisen anzufertigen.

Wegen seiner grossen Billigkeit hat das hämmerbare Gusseisen vielfach die Bronce und das Messing verdrängt und findet Verwendung bei Kutschenbeschlägen, Knöpfen an Klingeln, Kandelabern, Gittern etc. Rasirmesser werden aus diesem Metall in England das Dutzend zu 2 Mark fabrizirt und in Westfalen kostet ein Dutzend mittelgrosser geschliffener und polirter Scheren auf einen Karton geheftet eine Mark.

Wenn das hämmerbare Gusseisen bis jetzt noch nicht zur vollen Anerkennung gelangt ist, so liegt dies darin, dass seine Darstellung zur Er-

zeugung guter Waaren die allergrösste Sorgfalt beansprucht, ohne diese aber ganz zuverlässige Resultate nicht immer erzielt werden; gelingt es solche Fortschritte in der Fabrikation des hämmerbaren Gusseisens zu machen, dass dabei stets ganz sichere Resultate erzielt werden, so möchte es bald das kostspielige oft nicht einmal in vollkommener Zuverlässigkeit zu bewirkende Schablonen- und Handschmieden komplizirter Gegenstände verdrängen.

Eine der bedeutendsten Fabriken für hämmerbares Gusseisen ist die von Clarke Bros & Odling in Nottingham; anderweitig wird es verwendet und hergestellt in Lüttich, Paris und Rouen, in Deutschland in Berlin, Sohlingen, Stuttgart, Kaiserslautern, Schönheyda (Sachsen).

Um Gusseisen gegen Rost zu schützen, was bei Röhren zu Wasserleitungen, Abtrittsschläuchen etc. sehr wünschenswerth erscheint, werden solche wohl mit heissem Theer oder anderen fetten Stoffen angestrichen, sicherer ist es jedoch, sie zu emailliren; hierbei wird die Oberfläche des Gusseisens zuerst durch verdünnte Schwefelsäure vom Oxyd befreit und dann mit einem Brei überzogen, der aus Borax, Quarz, Feldspath, Thon und Wasser besteht; auf den noch feuchten Ueberzug wird dann ein feines Pulver von Feldspath, Soda, Borax und Zinnoxyd gestreut und eingebrannt, indem das Gussstück in einer Muffel bis zum Schmelzen der Glasmasse erhitzt wird. In Frankreich verwendet man zum Emailiren der Kochgeschirre eine Glasurmasse, die aus 130 Theilen Flintglaspulver, 20,5 Theilen kohlensaurem Natron und 12 Theilen Borsäure besteht. Gusseisen kann auch durch Verzinkung gegen die Einflüsse des Rostes geschützt werden.

Das neuste Verfahren, Eisengeschirre galvanisch zu verzinnen, bedarf einer Zink- und Kohlenbatterie; die innere, die Kohle enthaltende Zelle wird zur Hälfte mit Chromsäure, die äussere, die Zink enthaltende Zelle mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt. Die zu verzinnenden Gegenstände werden in ein Bad mit Weinstein und Zinnchlorür mit oder ohne Zusatz von Zinnchlorid gelegt. Das Bad besteht aus 16 Theilen Weinstein, 8 Theilen Zinnchlorür und, wenn Zinnchlorid angewendet werden soll, 2 Theilen von diesem.

Das metallreine Eisen wird je nach der beabsichtigten Dicke der Zinnablagerung längere oder kürzere Zeit in das Bad gebracht und durch einen Draht mit dem positiven Pole der Batterie in Verbindung gebracht, während der negative Pol mit einem in das Bad eingehängten Zinnstücke verbunden wird. Die auf diese Weise erhaltene sehr weisse Verzinnung wird schliesslich über Kohlenfeuer erhitzt, wodurch sie zu vollstem Glanz gelangt[1]). Um gusseiserne Röhren gegen Zerstörung durch saure Grubenwässer zu schützen, hat man zu wiederholten Malen Anstriche von Cement mit bestem

[1]) Der Maschinenbauer 1879 S. 80. Sehr eingehend werden die äusseren Ueberzüge auf Gusseisen gegen Oxydation etc. behandelt von Prof. Dr. Dürre in der deutschen Industrie-Zeitung 1877 S. 5 u. s. w.

Erfolg angewendet. Der Cement wird hierbei ohne Sandzusatz mit Wasser so dünn gemacht, dass er sich gut mit dem Pinsel streichen lässt. Die zu bestreichende Fläche muss vorher durch Scheuern und selbst unter Anwendung von Säuren metallrein gemacht sein. Nach vollständigem Erhärten des ersten Anstriches erfolgt auf der vorher angenässten Fläche ein zweiter. Im Ganzen wird das Rohr 4 bis 5 mal überstrichen, so dass ein Ueberzug von 4—5 mm. Dicke entsteht[1]).

Das Gewicht grosser Gussstücke berechnet sich annähernd nach der Formel:

$$G = \frac{a-1}{a} \frac{S}{s} M;$$

in dieser Formel bezeichnet:

s das spezifische Gewicht des Modells,
S „ „ „ „ Gussstücks,
M „ absolute „ „ Modells,
a „ Schwindungsverhältniss. Dieses ist das ursprüngliche Volumen, dividirt durch das Schwindmass[2]). Letzteres beträgt für Gusseisen für die Längenausdehnung $\frac{1}{97}$ der Länge, für die Fläche $\frac{1}{48}$ vom Quadratinhalt und für den Körper $\frac{1}{32}$ vom Kubikinhalte; mithin ist für Gusseisen a annähernd gleich 32 zu setzen.

In der nachfolgenden Tabelle sind unter α Mittelzahlen, unter β Maximalzahlen angegeben, welche auf der hessischen Eisenhütte Veckerhagen angenommen werden.

Tabelle,

in welcher diejenigen Zahlen angegeben sind, mit denen man das Gewicht des Modells multipliziren muss, um das Gewicht des Gussstückes zu erhalten, nach Karmarsch:

Material des Modells.	Material der Gussstücke.						
	Gusseisen		Messing	Rothguss	Bronze	Zink	Glocken- oder Kanonenmetall.
	α	β					
Fichten- oder Tannenholz .	14,0	17,5	15,8	16,7	16,3	13,5	17,1
Eichenholz	9,0	10,9	10,1	10,4	10,3	8,6	10,9
Buchenholz	9,7	11,1	10,9	11,4	11,3	9,4	11,9
Lindenholz	13,4	—	15,1	15,7	15,5	12,9	16,3
Birnbaumholz	10,2	13,0	11,5	11,9	11,8	9,8	12,4
Birkenholz	10,6	13,5	11,9	12,3	12,2	10,2	12,9
Erlenholz	12,8	13,5	14,3	14,9	14,7	12,2	15,5
Mahagoniholz	11,7	—	13,2	13,7	13,5	11,2	14,2
Messing	0,84	0,95	0,95	0,99	0,98	0,81	1,0
Zink	1,0	—	1,13	1,17	1,16	0,96	1,22
Zinn mit $\frac{1}{3}$—$\frac{1}{4}$ Blei . . .	0,89	1,11	1,0	1,03	1,03	0,85	1,12
Blei	0,64	0,79	0,72	0,74	0,74	0,61	0,78
Gusseisen	0,97	—	1,09	1,13	1,12	0,93	1,18

[1]) Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinen-Wesen im Preuss. Staat 1875.

[2]) Schwindmasstabelle folgt auf Seite 33.

Das Linearschwindmass beträgt nach Karmarsch für:

Guss-eisen.	Messing.	Glocken-metall.	Statuen-Bronze.	Kanonen-metall.	Zink.	Blei.	Zinn ohne Bleizusatz.
$^1/_{98}$—$^1/_{95}$	$^1/_{80}$—$^1/_{50}$	$^1/_{63}$	$^1/_{82}$—$^1/_{72}$	$^1/_{130}$	$^1/_{97}$—$^1/_{65}$	$^1/_{104}$—$^1/_{86}$	$^1/_{173}$—$^1/_{120}$

Die Flächen- und die kubische Schwindung erhält man genau, wenn man diese Zahlen mit 2 resp. mit 3 multiplizirt.

Die Verwendung des Gusseisens ist äusserst umfangreich; in der Baukonstruktion verwendet man es überall da, wo es der rückwirkenden Festigkeit zu widerstehen hat, und deshalb macht man daraus Säulen, Ständer und anderes Stützwerk, Konsolen etc. Vielfach im Gebrauch sind auch die gusseisernen Röhren sowohl für Gas- als auch für Wasserleitungen. Die üblichen Dimensionen für gusseiserne Gasleitungsröhren giebt die folgende Tabelle, das Gewicht pro laufende Meter ist in Kilogr. angegeben:

Weite. mm.	Länge. m.	Tiefe der Muffen. mm.	Gewicht pro lfdn. Meter Baulänge. Kilogr.
38	1,8	76	8,4
51	1,8	76	10,8
62	1,8	76	13,6
76	2,7	76	16,8
102	2,7	102	23,2
127	2,7	102	31,2
152	2,7	102	38,4
203	2,7	102	59,2
254	2,7	114	78,4
305	2,7	114	100,0
381	3,0	114	139,0
457	3,0	114	184,0
508	3,0	114	208,0
610	3,0	114	256,0
762	3,0	114	408,0
914	3,0	114	510,0

Für Dampf- und Wasserleitungsröhren hat der Verein deutscher Ingenieure die Anregung gegeben: es sei nach der Einführung des Metermaasses äusserst wünschenswerth, dass die von verschiedenen Fabriken angefertigten Flanschenrohre, Ventile, Schieber, Hähne etc., die in ihren

Hauptdimensionen bisher so wenig Uebereinstimmung zeigen, in einheitlichen Massen zur Ausführung kommen. Die folgende Tabelle enthält die von einer Kommission aufgestellten

Normal-Dimensionen gusseiserner Flanschenrohre, Krümmer und **T**-Stücke.

Lichter Durchmesser; zugleich äusserl. aufzugiessende Bezeichnung	Maximalwandstärke bis zu 12 Atmosphären Ueberdruck	Flanschendurchmesser	Flanschenstärke	Lochkreisdurchmesser	Schrauben		Baulänge in Metern	Schenkellänge der Krümmer und T-Stücke	Radius des Krümmungsbogens	Schenkellänge der Stutzen an Röhren beliebiger Durchmesser
D =	δ =	F =	δ =	S =	Anzahl	Stärke in engl. Zollen	L =	l =	R =	l_1
40	10	150	18	115	4	1/2	2	140	So gross als möglich; etwa so, dass der Mittelpunkt in den Schnittpunkt der Linien fällt, welche den Innenflächen der Flanschen entsprechen.	$l_1 = \frac{D}{2} + \frac{D_1}{2} + 100$ mm. (D und D_1 Durchmesser beliebiger Röhren.)
50	10	160	18	125	4	1/2	2	150		
60	10	175	19	135	4	5/8	2	160		
70	10	185	19	145	4	5/8	2,5	170		
80	10	195	19	155	4	5/8	2,5	180		
90	11	210	20	170	4	5/8	2,5	190		
100	11	220	20	180	4	5/8	3	200		
120	11	255	20	205	4	3/4	3	220		
140	12	280	20	230	4	3/4	3	240		
160	12	300	21	250	6	3/4	3	260		
180	13	325	22	275	6	3/4	3	280		
200	13	345	23	295	6	3/4	3	300		
225	14	370	24	322	6	3/4	3	325		
250	14	400	25	350	8	3/4	3	350		
275	15	425	25	378	8	3/4	3	375		
300	15	460	26	405	8	7/8	3	400		
325	16	490	26	435	8	7/8	3	425		
350	16	515	27	465	10	7/8	3	450		
375	18	545	27	490	10	7/8	3	475		
400	18	570	28	512	10	7/8	3	500		
425	18	600	28	545	10	7/8	3	525		
450	20	630	29	575	12	7/8	3	550		
475	20	655	30	600	12	7/8	3	575		
500	20	680	30	625	12	7/8	3	600		

Als ein neuer Zweig der Eisenindustrie ist die Anfertigung von gusseisernen Dachziegeln; wenn auch der Versuch, Gusseisen als Dachdeckungsmaterial anzuwenden, nicht neu ist, so waren die erreichten Resultate doch keineswegs der Art, dass die schweren, unschönen Dachplatten, die wohl zum Decken der Eisenhütten verwendet wurden, allgemeiner Einführung sich erfreuen konnten. Sollte eine Verkaufswaare daraus werden, so musste das Gewicht erheblich verringert, die Form aber auch geschmackvoller werden. Ferner war den Dachplatten ein Ueberzug zu geben, der gleichzeitig dazu diente, ihnen ein dem Auge wohlgefälliges Aeussere und einen dauerhaften Schutz gegen das Rosten zu geben; die Herstellungskosten

mussten endlich mässige sein. Dem Eisenwerk in Groeditz (Sachsen) ist es nun gelungen, gusseiserne Dachplatten herzustellen, die einen Ueberzug von emailartiger Glasur besitzen, der die Anwendung von Schwarz, Braun, Grün etc. gestattet; das neue Deckmaterial ist nicht schwerer wie das bei der Schieferdeckung und selbstverständlich von überaus grosser Dauer. Das neue Dachdeckungsmaterial hat sich vielfach einer vermehrten Anwendung zu erfreuen gehabt[1]).

Verwendung der Hohofenschlacken und der Schlackenwolle.

Die Anwendung der Hohofenschlacke als Baumaterial hat in neuerer Zeit nicht unbedeutende Dimensionen angenommen.

So bildet die Hohofenschlacke in granulirtem Zustande einen trefflichen Ersatz für den Sand, der nicht nur zum Bekiesen von Wegen, sondern auch zur Bereitung des Mörtels ausgezeichnete Dienste leistet.

In letzterer Beziehung ist darauf aufmerksam zu machen, dass alle Hohofenschlacken einen sehr bedeutenden Gehalt an Doppelhydrosilikaten von Kalk und Thonerde in sich schliessen und dadurch äusserst hydraulische Eigenschaften besitzen; solcher Mörtel wird aus 1 Theil gelöschtem Kalk und 10 Theilen Schlackensand hergestellt.

Einen hydraulischen Mörtel stellt man in England durch Mischung von Schlackensand mit gypshaltigem Kalk und Eisenoxyd her, dessen Vorzug vor dem Portlandcement seine grösste Wohlfeilheit sein soll.

Die chemische Zusammensetzung der Schlacke macht sie geeignet zur Herstellung von künstlichen Steineu auf nassem Wege, indem die gemahlene Schlacke mit gelöschtem Kalk vermischt und in Formen gepresst ein vorzügliches Material als Ersatz für den Baustein darbietet; die in der Schlacke aufgeschlossene kieselsaure Thonerde verbindet sich nämlich mit dem Kalk und bildet kieselsauren Kalk, eine Verbindung, die bei bleibender Dauer als eine äusserst feste sich erwiesen hat.

Schlackensteine und Schlackenziegel haben sich im Verlaufe weniger Jahre zu einem bedeutenden Fabrikations-Artikel heraufgeschwungen und wird in dieser Beziehung verwiesen auf das Kapitel: ungebrannte künstliche Steine[2]).

Wird die abgestochene Schlacke in einen Vorsumpf und aus diesem plötzlich in einen zweiten, theilweise mit Wasser gefüllten Sumpf eingelassen, so entsteht durch die auseinander treibende Kraft der energisch entwickelten Wasserdämpfe ein schwammartig poröses Material, das sich nach dem Erkalten leicht mit der Säge zerschneiden lässt und seiner Leichtigkeit wegen ein höchst schätzenswerthes Material zum Wölben darbietet; auch zur Herstellung von nicht stark belasteten Aussenwänden

---

[1]) A. Ledebur, Berg und Hüttenm. Zeitung 1878. No. 20 p. 168.

[2]) Siehe I. Band S. 410.

leistet solche poröse Schlacke gute Dienste und ist dabei als sehr schlechter Wärmeleiter zu betrachten. Bausteine, beziehungsweise Pflastersteine aus Hohofenschlacke dadurch zu gewinnen, dass man die Schlacke unmittelbar in die entsprechenden Formen giesst und das so erhaltene Material sehr langsam abkühlen lässt, hat ein befriedigendes Resultat nur in beschränkten Fällen (Fundation) gegeben. Dies hat den Engländer Woodward dazu veranlasst, die erhärteten Schlackensteine nach dem Guss in einen mit Gichtgasen geheizten weissglühenden Ofen zu bringen, wo sie 4 Stunden in der Hitze verbleiben; dann sperrt man das Gas ab und lässt sie langsam erkalten, wobei sehr widerstandsfähige und nicht zu spröde, zum Pflastern sehr geeignete Steine sich ergeben.

Einen anderen Weg Schlackensteine herzustellen hat der Ing. Hobron eingeschlagen, der die feste Schlacke von Hämatit-Bessemereisen in gepulvertem Zustande, ohne Zusatz von Kalk, nur mit Wasser angefeuchtet in Formen presst. Diese Fabrikation beruht auf dem Umstande, dass die Bessemerschlacken selbst den entsprechenden Kalkgehalt besitzen, der mit Kieselsäure und Thonerde sich fest und innig verbindet. Solche Schlackensteine sind aber sehr schwer und ziemlich kostspielig; sie zerfallen auch wohl an der Luft, wenn der Kalkgehalt in der Bessemerschlacke sehr hoch gestiegen ist.

Endlich benutzt B. Britten ein patentirtes Verfahren, die Schlacke zur Glasfabrikation zu verwerthen. Die flüssige Schlacke wird dabei im Siemens'schen Ofen mit Soda, Silikaten etc. vermischt.

Die als Nebenprodukt bei der Hohofenindustrie abfallende Schlackenwolle, die so vielfach als vorzüglich schlechter Wärmeleiter Verwendung findet, wurde von dem Nord-Amerikaner John Player 1874 erfunden und dann von den Tees-Eisenwerken in England mit bestem Erfolge hergestellt, während zahlreiche frühere Versuche nicht genügende Resultate gegeben hatten. Namentlich wurde in Wales die Fabrikation wegen ihres nachtheiligen Einflusses auf die Arbeiter wieder aufgegeben.

Wenn die Schlackenwolle bis jetzt in vielen Fällen sich zur Verwendung als ungeeignet erwiesen hat, so lag häufig der Grund darin, dass dieselbe im Kontakt mit leichten Säuren oder sauren Dämpfen etc. schwefelhaltige Gase entwickelte. Diesem Uebelstande soll das folgende Verfahren abhelfen: Formen aus galvanisirtem Drahtgeflechte werden mit Schlackenwolle in möglichst gleichmässiger Dichtigkeit gefüllt, dann schnell durch verdünntes Wasserglas von 1, 2 bis 3 spec. Gew. gezogen und sofort auf einen mit Fett bestrichenen Boden entleert, um wiederholt gefüllt zu werden. Sind nach einigen Tagen die Oberflächen — und nur um diese handelt es sich — hart geworden, so bestreicht man das Aeussere mit einer stärkeren Wasserglaslösung. So präparirte Schlackenwolle eignet sich besonders:

1. Zur Ausfütterung von eisernen Koch- und Stubenöfen, sowie aller Kachelöfen.

2. Zum Ausfüllen von Zwischenwänden und Fussböden; dieselben werden dadurch feuersicherer, lassen den Schall nicht durch und halten die Wärme zurück, dabei ist Schlackenwolle ein äusserst leichtes Füllmaterial.
3. Zur Umhüllung von Giesslöffeln und Schmelztiegeln auf ihrem Transport vom Ofen zur Giesshalle.

Nimmt man reine Schlackenwolle und präparirt dieselbe mit Wasserglas, so lassen sich daraus Filter schneiden, welche nicht verfilzen und stets durch Ausglühen gereinigt werden können. Auch Lampendochte, besonders für Petroleum lassen sich auf gleiche Weise herstellen.

Nichtpräparirte Schlackenwolle hat in vielen Fällen dünnwandige Rohrleitungen, welche sie umhüllte, in kurzer Zeit in bedenklicher Weise angegriffen, auch war beispielsweise eine 45 mm. dicke Umhüllung, die ursprünglich aus wollartigen weichen Fäden bestanden hatte, zu einer mörtelartigen Masse zusammengesintert.

II. Schmiedbares Eisen.

(Schwer schmelzbar und schmiedbar mit 0,14 bis 2,0 pCt. Kohlenstoff.)

A. Schmiedeeisen.

(Nicht härtbar mit 0,14 bis 0,5 pCt. Kohlenstoff.)

Die Gewinnung des Stab- und Schmiedeeisens, als der an Kohlenstoff ärmsten der drei Hauptarten von Eisen (Roheisen, Stabeisen und Stahl), kann eine zweifache sein. Der älteste Weg besteht in der direkten Gewinnung von Stabeisen; auf dem zweiten, bei weitem gebräuchlicheren Wege wird das Stabeisen aus Roheisen umgestaltet.

Die unmittelbare Darstellung des schmiedbaren Eisens aus den Erzen führt den Namen Rennarbeit. Bei dieser wird eine Reduktion der Erze beabsichtigt, zugleich ist aber dafür zu sorgen, dass die Kohlung nicht bis zur Roheisenbildung vorschreitet und das Produkt nicht dünnflüssig wird, sondern teigig bleibt; bei der Rennarbeit bildet sich stets eine leichtflüssige, sehr eisenreiche Schlacke, die das vollständige „Ausbringen“ beeinträchtigt.

Die Rennarbeit wird theils in Herden, theils in Schachtöfen vorgenommen; in beiden Fällen entsteht ein Eisenklumpen (Luppe) und wird die Arbeit dementsprechend als Luppenfrischarbeit bezeichnet. Bei diesem Verfahren unterscheidet man die französische oder kaltalonische, korsikanische und die deutsche Luppenfrischerei, je nachdem das Erz von einer Seite des Herdes, oder mit Kohle gemischt rings um das ringförmig geschichtete Brennmaterial, oder endlich in Schichten, Erz und Kohle abwechselnd, über die ganze Herdfläche aufgegeben wird. Die deutsche Luppenfrischarbeit findet im Stückofen statt, und erfolgt in diesem

sowohl das Entkohlen des Eisens wie das Verschmelzen. Diese Stücköfen sind kleine 3—4,5 m. hohe Hohöfen von 1,0 m. lichtem Durchmesser, welche einen weiten Herd, einen engen Kohlensack und einen im Querschnitt viereckigen Schachtraum haben.

Erze und Kohlen werden wie beim Hohofen in abwechselnden Gichten aufgegeben, doch nur so lange, bis das zu einem einmaligen Schmelzprozess erforderliche Erz in dem Ofen befindlich ist. Sobald die erste Gicht geschmolzen ist, lässt man die Schlacke ab, um das geschmolzene Eisen der entkohlenden Einwirkung der Gebläseluft, welche aus den abgeneigten (stechenden) Formen tritt, auszusetzen. Mit steigender Schicht der geschmolzenen Eisenmassen rückt man die Form höher und vermauert auch den Schlackenabzug höher. Ist die letzte Erzschicht abgeschmolzen, so werden die Gebläse abgestellt, die Schlacke wird so viel als möglich abgelassen. Die Ofenbrust wird dann aufgerissen, damit man den teigartigen Guss mit Haken und Zangen aus dem Herde heben und unter den Hammer bringen kann, unter welchem er zu 9—12 cm. dicken Scheiben ausgestreckt wird. Diese Scheiben werden zertheilt und in eigenen Herden einem nachträglichen Entkohlungsprozesse unterworfen, indem man sie hart vor den Wind zum allmäligen Abschmelzen bringt. Der Sauerstoff der Gebläseluft, sowie das Eisenoxydul der auf der Herdsohle schwimmenden dickflüssigen Garschlacke entkohlt das Eisen, das alsdann unter dem Hammer zu Stabeisen ausgeschmiedet wird. Der bedeutende Kohlenverbrauch, der grosse Eisenverlust und Arbeitsaufwand sind der Grund, warum die Stücköfen fast gänzlich abgekommen sind.

Die Gewinnung des schmiedbaren Eisens aus Roheisen durch den sogenannten Frischprozess kann als die eigentliche gewerbsmässige Darstellung dieser Eisensorte (Schweisseisens) angesehen werden. Frischen heisst dem Roheisen seinen Kohlenstoff durch Verbrennung rauben. Roheisen hat 2,5 bis 5,9 pCt. zum Theil chemisch, zum Theil nur mechanisch (als Graphitblättchen) gebundenen Kohlenstoff, das schmiedbare Eisen hingegen nur 0,10 bis 0,65 pCt.; der Frischprozess hat aber auch die Aufgabe, dem Roheisen seine weiteren schädlichen Beimengungen zu nehmen.

Die Entkohlung des schmiedbaren Eisens erfolgt bei weissen Eisenarten sehr schnell, um aber demselben auch seinen Gehalt an Kiesel zu nehmen, bedarf es einer künstlichen Verzögerung des Frischprozesses. Die Verkohlung tritt ein in Folge der oxydirenden Einwirkung der Gebläseluft; diese wirkt nur oberflächlich und wenig durchgreifend und würde kaum genügen, fände sie nicht eine wesentliche Unterstützung durch eine auf der Oberfläche des Eisens gebildete Sauerstoffverbindung desselben, durch das Eisenoxydul. Der Sauerstoff dieser Verbindung tritt zusammen mit dem Kohlenstoff des Roheisens, und bildet sich so Kohlenoxydgas wodurch das Eisen seines Kohlenstoffs beraubt wird. Derselben Oxydation unterliegt auch der Kiesel und das Mangan, sie schmelzen mit dem im

Ueberschuss gebildeten Eisenoxydul zu einer Schlacke zusammen, die später durch mechanische Mittel von dem Eisen getrennt wird.

Das Frischen des aus den Hohöfen gelieferten Roheisens wird nach drei verschiedenen Verfahrungsweisen ausgeführt:

in Herden; das Frischen in engerem Sinne — Herdfrischen;
in Flammöfen; Flammofenfrischen — Puddeln;
in Konvertern; Windfrischen — Bessemern.

Das Frischen in Herden oder Frischfeuern ist die ältere, aber noch sehr gebräuchliche Methode, in welcher das Eisen in direkte Berührung mit den als Brennmaterial dienenden Kohlen gebracht wird.

Die Frischarbeit selbst kann nun auf doppelte Art vorgenommen werden, nämlich auf dem Herde oder in Flammöfen. Der Frischherd besteht hauptsächlich aus einer Feuergrube, die gewöhnlich aus Gusseisenplatten (Zacken) gebildet wird und gradezu auch das Feuer oder der Herd im engern Sinne heisst, deren Boden aber wegen des Abflusses der Schlacke nicht in die Hüttensohle vertieft, sondern in gleicher Höhe mit derselben ist, und deren obere Ränder mit Ausnahme der vordern Seite, wo die Frischarbeit verrichtet wird, mit einer horizontalen meist von Eisenplatten bedeckten Fläche umgeben sind. Dieser Herd steht entweder unmittelbar unter einer Esse, oder er ist auch zum Schutze gegen das Feuer mit einem Mantel umgeben. Die Esse oder der Mantel ruhen auf massiven Gewölben oder auf gusseisernen Säulen, Pfeilern oder Platten. Auf einer Seite des Herdes befindet sich ein Gebläse. Man nennt diese Vorrichtung und die Arbeiten, welche auf solchen Herden vorgenommen werden, Frischfeuer oder Frischschmiede. Diese Arbeiten sind sehr verschieden und werden nach ihrer Eigenthümlichkeit und den Gegenden, wo sie üblich, auch verschieden benannt. Die sogenannte deutsche Frischarbeit, wovon es ebenfalls abweichende Methoden giebt, besteht im allgemeinen darin, dass man das Roheisen in gewichtigen Stücken, die gewöhnlich eine parallelepipedische Form haben und Gänze heissen, auf den vorderen Theil der Feuergrube oder den sogenannten Gichtzacken legt, gegenüber der Form oder dem Formzacken, und sie daselbst durch Kohlenfeuer unter Einwirkung des Gebläses in die mit Kohlenlösche ausgefütterte Grube unter allmäligem Fortrücken gegen die Form niederschmilzt, wobei man Zuschläge anwendet. Nach diesem ersten Niederschmelzen wird das Eisen schon so zähflüssig, dass es lange vor dem Winde erhalten werden kann, ohne wieder dünnflüssig in die Grube zu gehen.

Es erfolgt nun der eigentliche Frischprozess, indem man das Eisen, nach Entfernung der Schlacken, aus der Grube mit Brechstangen emporarbeitet und auf dem Herde völlig umwendet, und unter dem Luftstrom des Gebläses auf einer Kohlendecke ausbreitet. Nach einiger Zeit wird dasselbe wieder mit Zuschlägen unter verstärkter Hitze in die Grube niedergeschmolzen; hierauf wird es gewöhnlich zum zweitenmal, mit glü-

henden Kohlen bedeckt, in die Höhe gehoben. Man nennt diese Arbeit das Aufbrechen und zwar das erste, wo das Eisen noch in einen wenig garen Zustand versetzt ist, das Rohaufbrechen, das zweite aber das Garaufbrechen.

Beim Rohfrischen scheidet sich anfangs eine besonders phosphorreiche Schlacke, welche abgelassen werden muss, ab, und erhält man als Produkt ein stahlartiges Eisen, das des Garfrischens bedarf, um zu Schmiedeeisen umgewandelt zu werden.

Wird siliciumarmes weisses Roheisen verarbeitet, so genügen zur Herstellung des Schmiedeeisens zwei Schmelzungen und wird dieses Frischverfahren „Zweimalschmelzerei oder Wallonenfrischen“ genannt.

Ist dagegen das verwendete Roheisen sehr arm an Kohlenstoff, manganhaltig und rein, so kann ein einmaliges Einschmelzen oder die „Einmalschmelzerei“ genügen.

Das richtige Leiten des Frischprozesses erfordert eine grosse Erfahrung und bedingt zahlreiche Modifikationen[1]).

Nach dem Garaufbrechen hat das Eisen fast schon die Natur des Stabeisens. Es wird nun noch einmal in die Grube geschmolzen und bildet in dieser zuletzt einen einzigen Klumpen, Luppe oder Deul genannt, der auf den Amboss unter den Hammer kommt, um ihn von der anhängenden Schlacke zu reinigen, sofort aber in mehrere Stücke getheilt und zuletzt zu Stäben ausgereckt wird.

In einzelnen Fällen geht dem Frischen oder dem Puddeln ein Vorbereitungsprozess voraus; so wird lichtgraues oder halbirtes Eisen durch Schmelzen und schnelles Abkühlen (Abschrecken) in weisses Eisen verwandelt; wirksamer jedoch ist das Braten oder Glühen.

So wird graues Roheisen längere Zeit unter Zutritt der Luft geglüht, wobei nicht blos das Eisen an seiner Oberfläche in Oxyd übergeht, sondern es ist dies auch der Fall mit dem Silicium, wodurch das Eisen aus der grauen in die weisse Modifikation übergeführt wird.

Noch vollkommener und schneller wirkt ein Umschmelzen des grauen Roheisens unter kräftigem Winde; bedient man sich hierzu des gewöhnlichen Frischherdes, so nennt man die Operation „Hartzerrennen“, benutzt man aber eigene mit Koks geheizte Feuer (Feinfeuer), so heisst der Prozess: Feinen, Raffiniren auch Affiniren[2]).

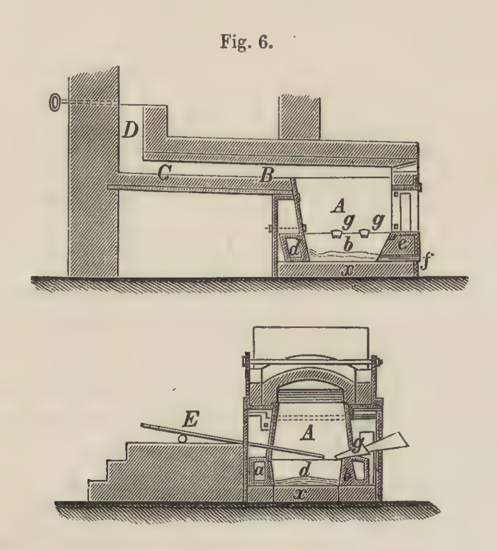
Die nachstehende Figur 6 stellt ein zweiförmiges Frischfeuer mit Vorglühherd dar: A ist ein von allen Seiten, mit Ausnahme der Arbeitsseite geschlossener Herd, bestehend aus gusseisernen Platten; der Boden x besteht aus feuerfestem Stein mit Quarzsandlage; drei Seiten des Herdes sind von hohlen gusseisernen, mit Wasser durchspülten Wänden, a dem Form-

[1]) Tunner: Stabeisen und Stahlbereitung auf Frischherden. Freiberg.

[2]) Affinir oder Feinfeuer siehe Wedding, Darstellung des schmiedbaren Eisens. Braunschweig 1875.

zacken, b dem Wind-, Form- oder Gichtzacken und d dem Hinter- oder Wolfszacken eingeschlossen. Auf der Arbeitsseite befindet sich der Stichstein e mit der Stichsohle f zum Ablassen des gefeinten Roheisens und der Schlacke; g sind zwei kupferne Formen. Um die im Herde verwendete Hitze vortheilhaft zu verwerthen, durchzieht dieselbe den Vorglühherd, dessen vorderer Theil B zum Vorwärmen des Roheisens, dessen hinterer Theil C zum Glühen der unter dem Streckhammer weiter auszuarbeitenden Stabeisenstäbe dient; D ist die mit einem Schieber regulirbare Esse. E ist die Roheisengänze, die auf einer untergeschobenen Rolle durch eine Oeffnung der Gussplatte eingeführt werden kann.

Fig. 6.

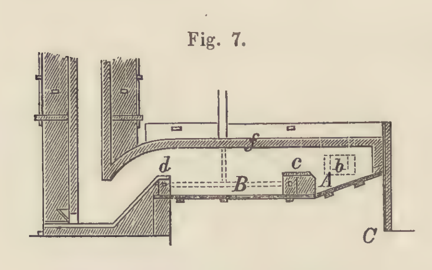


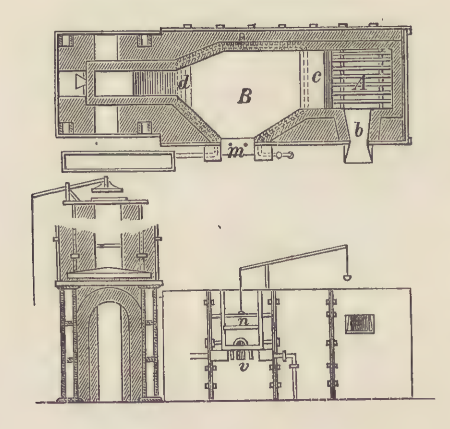
Bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts geschah die Stabeisengewinnung an allen Orten mit Holzkohlen durch die Herdfrischarbeit. Der grosse allgemeine Holzverbrauch erzeugte einen fühlbaren Holzmangel und zwang dazu, Mittel zu ersinnen, das Holz und die Holzkohle durchweg durch andere in der Natur reichlicher vertretene Brennmaterialien zu ersetzen. Von England, wo die Holznoth zuerst fühlbar auftrat, gingen die Erfindungen aus, welche auch für die Stabeisenfabrikation anderes Brennmaterial zulässig machten. Das Frischen in Flammöfen oder das Puddeln (auch englische Frischmethode) wurde von Cort in England 1787 erfunden und von ihm selbst in einer Weise vervollkommnet, dass sehr bald die meisten englischen Hüttenwerke und ein nicht unbeträchtlicher Theil der kontinentalen sich ausschliesslich des neuen Verfahrens bedienten, welches neben dem erwähnten Vortheil noch den besonderen Vorzug bot, dass mittelst desselben grosse Eisenquantitäten in kurzer Zeit produzirt werden konnten.

Beim Puddelprozess unterscheidet man zwei von einander abweichende Methoden, das Trockenpuddeln und das Schlackenpuddeln. Das Trockenpuddeln (die älteste Methode) setzt ein reines feines, also kohlenstoffarmes Rohreisen voraus, das teigig eingeschmolzen bei sehr geringer Schlackenmenge — trocken — verpuddelt wurde.

Soll ein kohlenstoffreiches, also graues Roheisen in gutes sehniges Eisen verwandelt werden, so braucht man hierzu eine in reichlicher Menge, absichtlich zugesetzte reduzirende Schlacke; dieses Puddeln führt den Namen Schlacken- oder Kochpuddeln, es nimmt aber viel Zeit und viel Brennmaterial in Anspruch.

Fig. 7.





Die Einrichtung der Puddelöfen möge hier durch Figur 7 Erläuterung finden: A ist der mit einer Schüröffnung b versehene Feuerungsraum, mit Aschenfall und Zugkanal C; c ist die Feuerbrücke, d die Fuchsbrücke; B der Herd aus gusseisernen Platten zusammengesetzt. Boden und Seiten des Herdes sind gebildet aus einem aus garen Schlacken bestehenden Bett; f ist das Herdgewölbe, m die Arbeitsöffnung mit einer davor befindlichen gusseisernen Arbeitsplatte und der Arbeitsthüre n; diese bleibt während des Puddelns geschlossen und dient zum Eintragen und Herausnehmen der Luppen; ein darin befindliches verschliessbares Schauloch gestattet, den Gang des Prozesses zu beobachten und bei der Arbeit die Werkzeuge einzuführen; v ist das Stichloch, um nöthigenfalls Schlacken ablassen zu können.

Die Feuerung bei den Puddelöfen erhält entweder Plan- oder Treppenrost, ist aber auch häufig vom Puddelofen ganz getrennt und besteht dann aus einer Gasfeuerung mit Generator; hierbei kann der Siemens'sche Generativofen zur Anwendung kommen, der bei der Gussstahlbereitung eingehender besprochen ist.

Ist auf dem Herde das Einschmelzen des Roheisens unter Zuschlägen erfolgt, die eine leichtflüssige Schlackendecke bilden, so schreitet man zum Puddeln, um Schlacken und Eisen in vollständigen Kontakt zu bringen,

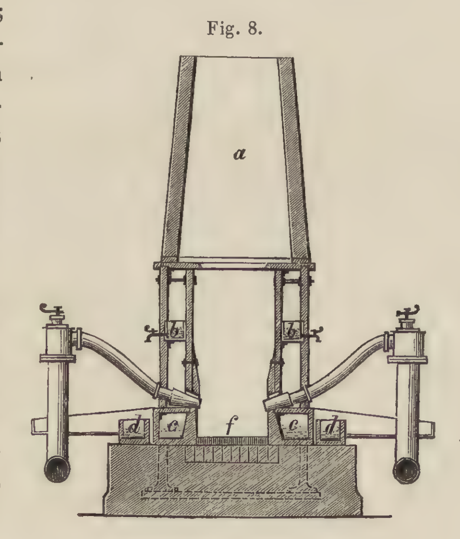
wobei die Masse durch Minderung des Feuers oder Bespritzen mit Wasser in einen verdickten Zustand versetzt wird; es tritt hierbei eine kräftige Reaktion zwischen der sauerstoffreichen Schlacke und dem kohlenhaltigen Eisen ein, und das Eisen erleidet eine fortschreitende Entkohlung und Reinigung von seinen fremden Beimengungen. In Folge dessen wird es nach und nach zähflüssiger, es bilden sich mehr und mehr blendend weisse, theilweise aus der Schlacke hervortretende Eisenkörner, die zu grösseren Ballen zusammenschweissen. Ist eine gleichmässige Garung des Eisens eingetreten, so wird demselben durch Drücken und Wenden mit der Brechstange die Form des Luppenballs gegeben und dieser dann zum Zängen aus dem Ofen gebracht.

Ein modifizirter Puddelprozess liefert das Feinkorneisen, ein Mittelding zwischen weichem sehnigem Stabeisen und Stahl; es wurde früher beim Herdfrischprozess oder auch im Flammofen mehr zufällig erhalten, gegenwärtig stellt man es mit Sicherheit im Grossen dar, indem man beim Puddeln die Entkohlung des Roheisens verzögert; beim Puddeln „auf Korn" wird schnell eingeschmolzen, und werden statt der stark reduzirenden Schlacken manganhaltige Zuschläge und solche von Rohschlacke, Sand und selbst Alkalien zugegeben, um dadurch eine wenig oxydirende Schlacke zu gewinnen.

Als das geeignetste Material dafür sind reine, kohlenreiche, nicht zu rasch garende Roheisen, namentlich die strahligen bis spiegelnden, manganhaltigen Sorten und graues Holzkohleneisen zu wählen, und ist dafür zu sorgen, dass beim Puddeln nicht jene fortgetriebene Entkohlung eintrete, wie dies beim Stabeisen nöthig ist; zur Herstellung von Feinkorneisen verwendet man wohl eigens konstruirte Feinkornpuddelöfen.

Solchen Ofen stellt Fig. 8 dar; derselbe besteht aus einem kastenförmigen Raum f von drei Seiten von Wasserbehältern c, an der Vorderseite durch eine Eisenplatte mit Stichöffnung geschlossen und mit einer Sand- oder Schlackensohle versehen. Vor den Kästen c, welche aus b mit Wasser gespeist werden, befinden sich Wasser enthaltende Tröge d zum Kühlen der Werkzeuge. Durch 4 oder 6 stark geneigte Formen an zwei Seiten wird viel Wind zugeführt. Man füllt den Herd f mit Koks, setzt die Roheisencharge über die Formen, schmilzt diese tropfenweise nieder und lässt

Fig. 8.

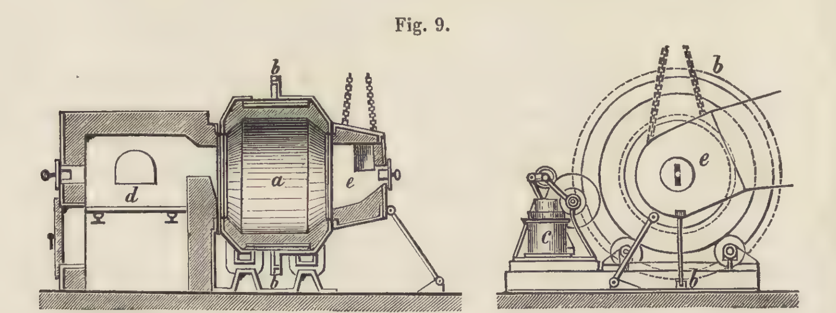


den Gebläsewind auf das flüssig gewordene Eisen wirken, wobei Silicium oxydirt, als Kieselsäure an Eisenoxydul gebunden verschlackt wird und der Graphit in chemisch gebundenen Kohlenstoff übergeht; auch etwas Schwefel und Phosphor wird dabei entfernt; die Feinkornöfen sind auch, um eine Aschenverunreinigung zu vermeiden, als Weissöfen (Gasflammöfen) konstruirt worden.

Das Puddeln wird auch durch mechanische Arbeit und in rotirenden Puddelöfen betrieben, um die ungemein anstrengende Handarbeit zu beseitigen; in erster Beziehung gehören zu den vielfach benützten Einrichtungen, die von Dumény und Lemut, von Eastwood und für Doppelöfen die von Whitham; in letzterer Beziehung sind die rotirenden Puddelöfen von Menelaus und Danks die bekannteren[1]).

Bei diesen Puddelöfen tritt an die Stelle der festen Herdsohle ein drehbarer Boden; die Fig. 9 giebt in Skizze die Dank'sche Ofeneinrichtung

Fig. 9.



mit seinem Zylinderherde a; der diesen Herd umhüllende Eisenmantel ist mit einem Zahnkranz bb versehen; eine Dampfmaschiene überträgt auf ihn die rotirende Bewegung (zwei Touren in der Minute). Das Einbringen des flüssig gemachten Roheisens, sowie das Ausbringen der Luppe geschieht durch das der Feuerung d gegenüberliegende Herdende e. Die Feuerung selbst ist hier eine direkte, mit Rost und Aschenfall versehene.

Siemens hat seinen rotirenden Puddelofen in ähnlicher Weise eingerichtet, für die Befeuerung aber Gas gewählt; Fig. 10 stellt die Siemens'schen Rotatoren dar und soll bei der Wichtigkeit dieser Apparate etwas näher auf dieselben eingegangen werden.

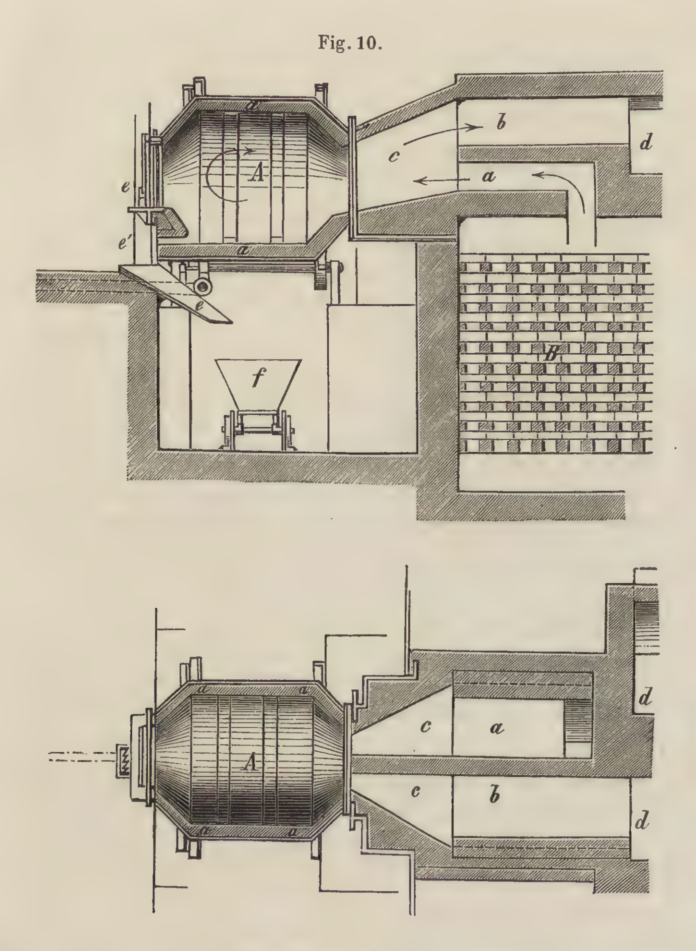
Der rotirende Herd A ist aus Eisenblech zusammengenietet und mit einer nahezu 200 mm. dicken Bauxitschichte ausgefüttert. Derselbe erhält von einer Vorlegewelle durch Zahnräder oder Schraube und Schneckenrad eine Umdrehung von 4—5, beziehungsweise 60—80 Touren pro Stunde,

---

[1]) Ueber die neueren Fortschritte im mechanischen Puddeln mit besonderer Rücksicht auf die von Godfrey und Howson konstruirten Oefen hat Prof. Dürre eine ausführliche Abhandlung veröffentlicht.

Der Durchmesser der zylindrischen Trommel misst gegen 2,30 m., die Länge des Rotators 2,75 m. Die beiden Enden des horizontal auf 4 Rollen sich umdrehenden Rotators sind kegelförmig verjüngt. Die hintere Oeffnung kommunizirt mit den Regeneratoren durch a und mit dem Abzugskanal der Verbrennungsprodukte durch b und d, welcher zum Schornsteine führt.

Fig. 10.



Die vordere oder Arbeitsseite e ist mit einer Thür abgeschlossen; ausserdem findet sich hier das Abstichloch e' für die Schlacke, eventuell für das flüssige Metall.

Wie aus den Skizzen zu entnehmen ist, sind die Züge unmittelbar hinter dem Rotator für die Zuleitung der Feuergase und für die Ableitung der Verbrennungsprodukte nur durch eine dünne Wand geschieden.

Das von Siemens hier eingeschlagene Verfahren besteht in dem Zu-

sammenschmelzen der Erze mit schlackenbildenden Zuschlägen; Reduziren der Erze durch innig eingemengtes Kohlenklein; Trennung der Schlacke vom Eisen bei hoher Temperatur.

Während des Verlaufs des Siemens-Prozesses kann die Rotation des Herdes, je nachdem es erforderlich ist, verlangsamt oder beschleunigt worden[1]).

In Zukunft möchte wohl bei Herstellung des Schmiedeeisens das Herdfrischen und das Puddeln mehr und mehr in den Hintergrund treten; man wird sich zum Windfrischen wenden, dessen Produkt in flüssigem Zustande gewonnen das Flusseisen giebt.

Das Frischen des Roheisens in Konvertern oder das Windfrischen ist von Heinrich Bessemer (1855) erfunden und findet statt, indem geschmolzenes übergares Roheisen in ein birnförmiges Gefäss, Birne oder Konverter, gebracht wird, ein atmosphärischer Luftstrom, unter sehr hohem Druck durch die geschmolzene Roheisenmasse hindurch gepresst, übernimmt die beschleunigte Entkohlung oder das schnelle Frischen.

Man unterscheidet beim „Windfrischen" zwei von einander abweichende Methoden, nämlich die englische und die schwedische.

Nach dem englischen Verfahren wird die Entkohlung des Roheisens mittelst des Windstromes soweit fortgesetzt, bis es in hämmerbares Eisen umgewandelt ist, worauf man dieses durch Zusatz von geschmolzenem Spiegeleisen oder sonstigem reinem, womöglich manganreichem Roheisen in Stahl zurückführt. Das Roheisen wird entweder unmittelbar dem Hohofen entnommen oder vorher im Flamm- oder Kupolofen umgeschmolzen und von da in einen beweglichen Frischapparat gebracht, welcher aus einem um seine horizontale Axe drehbaren, birnenförmigen, oben offenen Gefässe besteht, durch dessen Boden von unten der feinvertheilte Gebläsewind einströmt, und welches schliesslich zum Ausgiessen des Stahls umgekippt wird.

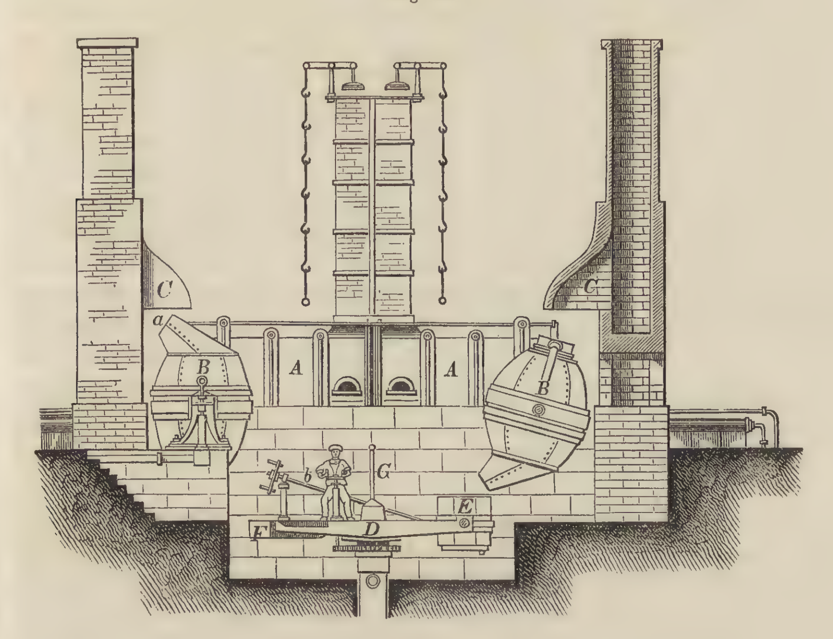
Den gewöhnlichen englischen Bessemer-Apparat stellt die nachstehende Fig. 11 dar: die im Hintergrunde sich befindenden zwei Flammöfen A mit den dazu gehörigen Essen dienen zum Umschmelzen des Roheisens; die beiden Retorten B (Frischbirnen) sind aus starkem Eisenblech konstruirt und innen mit einem feuerfesten Futter versehen, die eine Retorte steht während des Frischens aufrecht, die andere Retorte ist in umgekehrter Stellung dargestellt, wie dies beim Aussgiessen des flüssigen Stahls nothwendig wird. Der zum Füllen und Entleeren der Frischbirnen dienende Hals a ist während des Frischprozesses gegen den Essenmantel C gerichtet, welcher Funken und Auswurf auffängt. Die Birnen werden entweder mittelst einer hydraulischen Maschine oder mittelst anderer Mechanismen in ihren Zapfenlagern bewegt: der eine Zapfen der Frischbirne ist hohl und steht einerseits mit einer Windleitungsröhre in Verbindung,

---

[1]) Dr. W. Siemens hat im engl. Iron and Steel-Institute über seine Erfindung einen Vortrag gehalten, worüber die deutsche Industrie Zeitung 1877 S. 205, berichtet hat.

andererseits mit dem am Boden der Birne sich befindenden Windkasten; eine Regulirvorrichtung gestattet, die Luftzuströmung nach dem Gange des Frischprozesses zu bemessen; vom Windkasten führen 7 mit 5—7 kleineren Löchern versehene Düsen den Wind in das flüssige Roheisen ein, so dass der Wind, in viele feine Strahlen zertheilt, in den Apparat tritt. Unterhalb der Frischbirnen befindet sich ein hydraulischer Guss-Krahn D mit Balancier, der sich sowohl nach Bedürfniss heben und senken lässt, sowie er auch durch Mechanismus eine horizontale Drehung annimmt; hierbei wird die Giesspfanne E nach geschehener Füllung über eine Reihe im Halbkreis aufgestellter Gussformen gebracht; durch ein Getriebe, in b angedeutet, kann die Giesspfanne um ihre horizontale Axe bewegt werden.

Fig. 11.



Entgegengesetzt von der Giesspfanne befindet sich am Balancier ein verstellbares schweres Gegengewicht F. Die verschiedenen Manipulationen werden von einem auf der Plattform des hydraulischen Krahns stehenden Arbeiter ausgeführt, welcher durch eine von Eisenblech konstruirte Scheidewand G gegen die Hitze des Frischapparates geschützt ist; die hier verwendeten Gussformen sind aus Gusseisen gefertigt, sie werden vor dem Gebrauch entweder mit Graphit angestrichen oder über Theerflammen geschwärzt und gut angewärmt.

Beim schwedischen Verfahren treibt man die Verkohlung nur so

weit, bis nach gewissen äusseren Merkmalen die Stahlbildung eingetreten ist. Das flüssige Roheisen gelangt meist direkt aus dem Hohofen in einen feststehenden zylinderförmigen Frischapparat mit einer grösseren Anzahl seitlich über dem Boden angebrachter Düsen, und sobald die Umwandlung in Stahl erfolgt ist, wird das fertige Produkt abgestochen. Die stabilen schwedischen Bessemeröfen sind jedoch als veraltet zu betrachten.

Beim Bessemern erfüllt sich der Frischprozess ungemein schnell, denn ist der Konverter mit dem flüssigen Roheisen gefüllt und der Wind eingelassen, so beginnt sofort das Feinen sowohl als die Schlackenbildung, an welche sich unmittelbar das Rohfrischen anschliesst, um dann mit dem Garfrischen nach 20 bis 25 Minuten sein Ende erreicht zu haben!

Das Resultat des Windfrischens sind Gussstücke und Luppen (Ingots), die ebenso wie die von den Frischherden oder Puddelöfen kommenden gezängt werden; dieses Zängen hat den Zweck, die in dem Eisen sich befindende Schlacke wie das Wasser aus einem Schwamm auszudrücken und die noch lose verbundenen Eisentheile tüchtig zusammenzuschweissen. Das Zängen geschieht entweder unter einer Art Presse, dem Luppenquetscher, der nicht durch Stoss, sondern nur durch energischen Druck wirkt, oder es werden die Ballen den Schlägen von Hämmern ausgesetzt; solche Hämmer zeigen verschiedene Konstruktion und sind entweder Stirnhämmer, Aufwerfhämmer oder Schwanzhämmer; aus dieser Klasse bedient man sich noch jetzt öfters der schweren Stirnhämmer; allgemeinere Verwendung finden aber gegenwärtig die Dampfhämmer. Diese arbeiten schnell und lassen sich in ihrem Effekt nach Bedarf reguliren; ihr Gewicht beträgt häufig 100 Zentner und mehr, die Anzahl der Schläge in der Minute 40 bis 160 je nach der Hubhöhe und dem Gewicht. (Im Krupp'schen Etablissement arbeitet ein Dampfhammer mit 1000 Zentner Gewicht.)

Als Resultat des Zängens erhält man die sogenannten Kolben, die wieder je nach der Betriebsweise, der Qualität des Materials und nach Art des zu erzielenden Fabrikats in verschiedener Weise weiter verarbeitet werden. Unmittelbar zur Fabrikation von Stabeisen lassen sich die Kolben nur dann verwenden, wenn sie aus einem sehr guten Eisen bestehen; man setzt sie dann einer erneuten Schweisshitze aus, hämmert sie durch und bringt sie in das sogenannte Grobeisenwalzwerk; gewöhnlicher aber werden die Kolben unmittelbar vom Zängen in nachweissbarem Zustande vom Luppenwalzwerk in Rohschienen (Luppenstäbe) verarbeitet; dies Roheisen mit flachem oder quadratischem Querschnitt zeigt viel Kantenrisse, ist äusserlich rauh und liefert kein Eisen von gleichartiger Qualität. Durch weiteres Ausstrecken auf dem Walzwerke nach neu gegebener Schweisshitze wird das ordinaire Stabeisen No. 1 erhalten, es zeigt meist noch ungleichförmiges Gefüge, hat ein schuppiges Ansehen und heisst,

wenn gehämmert: Massel, Schirbel oder Kolben und wenn gewalzt Rohrschiene. Das als Handelswaare geeignete Stabeisen No. 2 aber wird aus Packeten gewonnen, die aus 1,0—1,50 m. langen Rohschienen, mit starken Drähten umwunden, einer erneuten Schweisshitze ausgesetzt und dann zu Stäben verschiedener Dimension ausgewalzt wurden; wird das Eisen No. 2 der eben erwähnten Prozedur noch einmal unterworfen, so entsteht endlich das Eisen No. 3 mit vorzüglicher Qualität und führt die Benennung raffinirtes Eisen.

Grösse, Bildung und Bearbeitung dieser Packete erleiden verschiedene Anordnung, so wird bei Fabrikation von Eisenbahnschienen, Radbandagen, Wagenaxen auf die Zusammenstellung der Packete insofern grosses Gewicht gelegt, da man hierdurch Fabrikate erhalten kann, die eine ihrem Zwecke entsprechende verschiedene Beschaffenheit im Innern und an der Oberfläche erlangen; durch solche Anordnungen wird es leicht, Eisenbahnschienen aus Stabeisen mit Feinkorneisenköpfen und mit solchen aus Stahl herzustellen. In grössern Etablissements sind für die Fabrikation von Eisenbahnschienen eigene Schweissöfen im Betrieb; nach dem Ausschweissen und Auswalzen kommen die Fabrikate in noch rothglühendem Zustande auf die Richtbank, wo sie mittelst Zirkularsägen nach gleichem Masse beschnitten werden.

Das Schmiedeeisen oder Stabeisen ist in seiner Härte so verschieden, dass man zwei Hauptarten unterscheidet und zwar das sehnige Schmiedeeisen und das Feinkorneisen; ersteres ist im Bruch hackig oder sehnig, letzteres feinkörnig, zugleich etwas härter. Das sehnige, dem chemisch reinen Eisen nahestehend, lässt sich in der Wärme und Kälte leicht bearbeiten, das Feinkorneisen dagegen bildet den Uebergang zum Stahl.

Die Farbe des Schmiedeeisens ist lichtgrau, bald mehr blau, bald mehr grau. An der Verschiedenheit der Farbe des Schmiedeeisens ist nicht wie beim Roheisen der grössere oder kleinere Gehalt an Kohlenstoff Schuld, sondern es sind hier auch die Beimengungen anderer Stoffe von grossem Einfluss.

Bei gutem Eisen ist stets eine helle Farbe mit geringem Glanze, und bei starkem Glanze mit dunkler grauer Farbe verbuuden, daher Eisen, welches aschgrau und dabei matt, oder weiss und dabei sehr stark glänzend aussieht, mit Sicherheit für mürbe oder spröde gehalten werden kann, selbst wenn es einen faserigen sehnigen Bruch besitzt. Gutes Schmiedeeisen zeigt in seinem ursprünglichen Zustande auf dem Bruche ein krystallinisches, hackiges oder zackiges Gefüge von grosser Gleichförmigkeit und ohne Einmengungen sogenannter roher Theile, welche sich durch Streifen oder Flecken von feinkörnigem fast dichtem Ansehen kundgeben. Durch fortgesetztes Bearbeiten in derselben Richtung (Schmieden, Walzen, Strecken, Drahtziehen) werden die einzelnen Theile von weichem Eisen zu

kürzeren oder längeren neben einander und in einander verschlungenen Fasern ausgereckt, und es entsteht so eine sehnige Textur, während hartes Eisen körnig bleibt, oder nur schwer seine ursprüngliche Struktur verliert. Da die sehnige Beschaffenheit dem Eisen von Natur aus nicht angehört, so haben die einzelnen verzerrten Krystalle vermöge ihrer Elastizität das Bestreben, sich in eine möglichst natürliche Lage zurückzubegeben, und es kann daher durch verschiedene Umstände, welche ihre Bewegung erleichtern, das sehnige Gefüge wieder in ein körniges übergehen, womit dann eine Lockerung seines Zusammenhanges und eine Minderung seiner Festigkeit verbunden ist. Man bezeichnet gewöhnlich den Uebergang des sehnigen Eisens in körniges mit „Krystallinischwerden"; diese unerfreuliche Eigenschaft des Eisens hat man namentlich da beobachtet, wo häufig wiederkehrende Vibrationen, Stösse oder Torsionen auf das Eisen einwirken, wie bei Eisenbahnwagenaxen, Mühleisen, Pressspindeln, Gewehrläufen, Klaviersaiten etc., oder wo dasselbe öfter wechselnden Temperaturunterschieden und in Folge davon wechselnder Ausdehnung und Zusammenziehung, Spannung oder Abspannung der Theilchen ausgesetzt war.

Ein Erhitzen und Ueberschmieden hebt das so entstandene körnige Gefüge nicht auf, und nur durch vollständige Schweisshitze lässt sich das Eisen erst wieder in seinen amorphen Zustand zurückversetzen, damit sich seine Theile von neuem zu Fasern gruppiren können.

Dass das Eisen in festem Zustande noch eine Umlagerung der Moleküle erfahren könne, wird mehrfach angezweifelt, und selbst die Versuche von Kohn und Armstrong, bei denen sehniges Eisen durch andauernde Erschütterungen absichtlich in körniges verwandelt wurde, haben keineswegs die hierüber erhobenen Zweifel beseitigt. So vertritt neuerdings H. Caron ebenso wie Percy und Andere die Ansicht, dass alles Schmiedeeisen, welches krystallinische Beschaffenheit besitzt, diese Beschaffenheit schon vor seiner Verwendung gehabt hat. Nach Caron's Erfahrung rührt — wie derselbe es in der Pariser Akademie bewiesen hat — die krystallinische Texturbeschaffenheit und die damit verbundene Brüchigkeit daher, dass das Schmiedeeisen eben unvollständig ausgeschmiedet wurde, oder dass es verbrannt ist, und es lässt sich solchem Eisen ohne neues Ausschmieden die sehnige Beschaffenheit und Zähigkeit, die es beim Durchschmieden erhalten haben würde, dadurch ertheilen, dass man es rothglühend in einer warmen Flüssigkeit ablöscht. Als warme Flüssigkeit kann reines kochendes Wasser verwendet werden, besser aber ist eine bei ungefähr 110° C. siedende, gesättigte Kochsalzlösung. In diese wird das Eisen so lange eingetaucht, bis es die Temperatur derselben angenommen hat. Beim Eintauchen bedeckt sich das Eisen sofort mit einer Salzschichte, die es von der Flüssigkeit isolirt und jedenfalls zur Verlangsamung der Abkühlung beiträgt. Es ist zu empfehlen, fertige Schmiedeeisenstücke stets auf diese Weise zu behandeln, denn sind sie gut bearbeitet, so schadet ihnen dies

nichts, sind sie dagegen zu lange oder zu stark erhitzt worden, so erhalten sie dadurch die gleiche Eigenschaft wie bei guter Arbeit; statt der Kochsalzlösung lassen sich auch andere Flüssigkeiten mit gleichem Erfolg verwenden, doch hat dieselbe den grossen Vortheil der Billigkeit und leichten Herstellbarkeit für sich. Was hier vom Schmiedeeisen gesagt ist, gilt auch für den Stahl.

Ueber das Krystallinischwerden und die Festigkeitsverminderung des Eisens durch den Gebrauch hat auch Prof. Bauschinger verschiedene Versuche angestellt; er fand, dass weder an Kettengliedern der im Jahre 1829 erbauten Bamberger Kettenbrücke, noch an eisernen Hängestangen einer im Jahre 1853 erbauten Howe'schen Holzgitterbrücke auf der Bayer.-Allgäuer Bahn sich irgend welche Anhaltspunkte für eine Verminderung der Festigkeit, oder für eine Aenderung der Struktur oder der Elastizitat des Eisens ergeben haben[1]).

In neuester Zeit bezeichnet man ein schmiedbares Eisen, das im Gegensatz zum sehnigen weichen Eisen bei absolut homogener Beschaffenheit eine körnige Struktur zeigt, als homogenes Eisen. Den grössten Grad der Homogenität, aber auch das beste Produkt beim Puddeln des Eisens, wird dann erzielt, wenn darauf hingezielt wird, unter möglichster Beseitigung aller Verunreinigungen eine Luppe mit hohem Kohlenstoffgehalte darzustellen.

Die körnige Struktur des homogenen Eisens erschwert an und für sich seine allgemeine Einführung zu Konstruktionszwecken, weil häufig die Ansicht herrscht, dass starkes Eisen sehnig sein müsse. H. Kirk hat nun aber nachgewiesen, dass die dem homogenen Eisen anhaftenden sonstigen Eigenschaften es mehr als jedes andere Eisen für die meisten Zwecke der Technik brauchbar machen, indem es ungemein stark und dehnbar ist.

Eisen kann mit Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor, Mangan etc. chemisch verbunden sein, ohne seine Homogenität zu verlieren; die Gegenwart von Schlacke dagegen beeinträchtigt dieselben stets, weil letztere sich nicht mit dem Eisen verbindet, sondern sich trennend zwischen die Eisentheile dazwischen schiebt.

Man wendet die Bezeichnung homogenes Eisen, auch weicher Stahl genannt, auf gewisse Sorten Puddeleisen an, obgleich der ganze Puddelprozess seiner Natur nach zur Herstellung solchen Eisens wenig geeignet erscheint; vorzügliche Dienste leistet zur Herstellung von homogenem Eisen das Yorkshire Puddelsystem und hat man mit diesem, nach Kirk, den höchsten Grad der Homogenität erzielt.

Es ist auch von R. v. Kerpely, von J. L. Bell und anderen zur Evidenz nachgewiesen, dass das sogenannte homogene Eisen zu Konstruktions-

---

[1]) Die angestellten Versuche sind näher beschrieben in Dingler's polytechnischem Journal 1880, Bd. 235, S. 169 bis 173.

zwecken dem sehnigen Eisen weit vorzuziehen ist; freilich erfordert es in der Schmiede etwas mehr Hitze und einen kräftigen Arm, bietet für die Dauer grosse Sicherheit und ist entschieden das billigste Eisen[1]).

Zu den fehlerhaften Stabeisen-Sorten gehören das sogenannte roth- und kaltbrüchige Eisen, wovon das erstere haltbar bei der Bearbeitung ist, so lange es sich in der Weissglut befindet, in der Rothglühhitze aber sehr leicht bricht, das letztere in der Weiss- und Rothglühhitze haltbar, beim Erkalten aber brüchig ist. Man erkennt das rothbrüchige Eisen nicht selten an seinem blättrig grobsehnigen Bruche und seiner dunklen Farbe ohne Glanz; an den Stäben selbst zeigen sich kleine Brüche; es entsteht dieser Fehler durch die Anwesenheit von Schwefel im Eisen, wenn auch nur in geringer Quantität. Das kaltbrüchige Eisen hat meist strahlig blättrigen Bruch, sehr helle Farbe und lebhaften Glanz; es entsteht durch einen gewissen Antheil an Phosphor, während 3 pCt. davon ziemlich unschädlich sich erweisen, verursachen 6 pCt. viel, 8 pCt. sehr viel Bruch.

Fehlerhaftes Eisen ist auch das sogenannte verbrannte Eisen, welches einen fast schiefrigen Bruch mit bläulicher Farbe und sehr lebhaftem Glanz zeigt. Es entsteht durch lang anhaltendes und oft wiederholtes Glühen unter Zutritt von Luft; es ist durchaus mürbe und ohne Zähigkeit, kann aber durch Behandlung in der Schweisshitze unter einer Decke, welche die Luft ausschliesst, wieder verbessert werden. Ein sehr fehlerhaftes Eisen ist das faulbrüchige oder hadrige, welches, ohne verbrannt zu sein, sich in jeder Temperatur mürbe und brüchig verhält. Man glaubt, dass es durch einen bedeutenden Antheil von Silicium oder Calcium entsteht oder, wenn es diesen Fehler nicht hat, durch eingemengte Schlacken oder eine andere mechanische Ursache. Stabeisen wird durch Schlackentheile oder Glühspan insofern nicht selten mangelhaft, dass sich diese an das Eisen beim Hämmern und Auswalzen anlegen und in die Masse desselben eingedrückt werden, wodurch der Zusammenhang der Eisentheile an solchen Stellen unterbrochen und das Eisen, wie man sagt, unganz wird. Unganze Stellen geben bei Stäben, Blechen, Drähten etc. oft Anlass zum schnellen Bruche und vermindern die Tragfähigkeit des Eisens. Auch ein mangelhaftes Schweissen kann zu diesem Fehler beitragen. Es lösen sich an solchen Stellen gern Theile desselben ab, die man Schiefer nennt, und man erkennt selbige oft nur beim Poliren des Metalls, wo sie in Form von kleinen Flecken, Streifen und Haarrissen zum Vorschein kommen und dann gewöhnlich Aschenlöcher heissen.

Wird Stabeisen erhitzt, so zeigt es zwischen 200—400° C. verschiedene in bestimmter Reihenfolge auftretende Anlauffarben, worauf es ins Glühen

---

[1]) Dinglers Polyt. Journ. 1877. Band 226, S. 55 und S. 394; dann Engineering 1877, p. 439.

kommt. Bei 525° C. beginnt die Rothglut, bei 1300° C. die Weissglut, bei 1500—1600° C. blendende Weissglut, während die Schmelzung erst bei 1600—2000° C. erfolgt; ehe das Eisen aber in den flüssigen Zustand übergeht, nimmt es und zwar in der Weissglut eine teigartige Beschaffenheit an, auf welcher seine schätzenswerthe Eigenschaft der Schweissbarkeit beruht.

Beim Schweissen müssen die zu vereinigenden Flächen in metallische Berührung kommen, und es muss deshalb darauf gesehen werden, dass sich beim Glühen des Eisens kein Oxyd bildet; das gewöhnliche Mittel hierzu besteht darin, dass man das Eisen vor oder während des Ausschmiedens mit Schweisssand (reinem Quarzsand) bestreut, wodurch auf seiner Oberfläche eine leichtflüssige Eisenoxydulschlacke entsteht, welche dann eine schützende Decke gegen den weitern Luftzutritt bildet und bei der Bearbeitung durch starke Hammerschläge herausgepresst wird. Zuweilen setzt man dem Sande etwas Kochsalz zu, oder verwendet gepulverten Lehm, Glasgalle, für feinere Arbeiten Borax, auch soll das Ueberstreichen der Schweissstellen mit Wasserglas Empfehlung verdienen.

Im weissglühenden Zustande verbrennt das Stabeisen mit Funkensprühen.

Stabeisen bleibt in trockener Luft und in luftfreiem Wasser unverändert, wirken aber Agentien darauf ein, so überzieht es sich mit Rost, indem dabei die in der Luft stets vorhandene Kohlensäure wesentlich mitwirkt. Das Eisen nimmt zunächst den Sauerstoff aus der Luft auf, kann ihn aber auch durch Zersetzung des Wassers unter Freiwerden von Wasserstoff erhalten, indem selbst in luftfreiem, kohlensäurehaltigem Wasser Oxydulsalz gebildet wird; wahrscheinlich entsteht zuerst immer kohlensaures Eisenoxydul, welches dann unter Abgabe von Kohlensäure in Eisenoxydhydrat übergeht; die freigewordene Säure wirkt auf neues metallisches Eisen ein, während das gebildete Oxyd letzterem gegenüber die Rolle eines elektromagnetischen Körpers übernimmt und damit das Fortschreiten des Prozesses begünstigt. Nach Berzelius besteht Eisenrost aus Eisenoxydhydrat und enthält ausserdem meist noch etwas kohlensaures Eisenoxydul und Spuren von Ammoniak.

Stabeisen rostet leichter als Roheisen und Stahl, am schnellsten das rothbrüchige, und erfolgt der Angriff am ersten an unganzen schiefrigen Stellen, während polirte Gegenstände besser wie rauhe widerstehen.

Das spezifische Gewicht des Schmiede- oder Stabeisens schwankt zwischen 7,352—7,912.

In den Handel kommt das Schmiede- oder Stabeisen in mannigfachen Sorten, als Walzeisen, Schmiedeeisen, Schnitteisen. Das Schmiedeeisen wird da vorgezogen, wo es auf Gleichmässigkeit des Gefüges und grosse Zähigkeit ankommt, wird aber selten in grossen Quantitäten angewendet. Das Schnitteisen ist Walzeisen von kleinen Massen und wird

durch Zerschneiden von dünnem Walzeisen gewonnen. Das Walzeisen auch Stabeisen genannt, am häufigsten im Handel vorkommend, zerfällt in Stangeneisen, Blech- und Mustereisen; das Stangeneisen in Flach- oder Bandeisen, Vierkanteisen, Rundeisen, Reifeisen; Materialeisen, Fenster- und T-Eisen, Winkeleisen, Leisteneisen, Hülfsbahnschienen mit Rollwagenrädern und Axenlagern, E-Eisen, Façoneisen, (I) doppelt T-Eisen, Zorés-Eisen, Eisenbahnschienen.

Stärkere Eisenstäbe werden einzeln als Stangeneisen gewogen, schwächere Sorten Walzeisen werden als Bündeleisen in Bündeln oder Gebinden, mit eisernen Reifen zusammengebunden, verkauft.

Die im Handel am häufigsten vorkommenden Stabeisensorten sollen hier tabellarisch unter Angabe von Mass und Gewicht Aufnahme finden:

Flacheisen

(Reife, Hufstäbe, Ring- und Spann-Eisen.)

Dimensionen in Millimeter	Gewicht per 1 lfd. Meter		Dimensionen in Millimeter	Gewicht per 1 lfd. Meter		Dimensionen in Millimeter	Gewicht per 1 lfd. Meter	
Breite Dicke	Kilo	Grm.	Breite Dicke	Kilo	Grm.	Breite Dicke	Kilo	Grm.
10 × 3	—	233	18 × 5	—	700	22 × 14	2	396
- - 4	—	311	- - 6	—	840	24 - 3	—	560
- - 5	—	389	- - 7	—	980	- - 4	—	747
- - 6	—	467	- - 8	1	120	- - 5	—	934
- - 7	—	545	- - 9	1	260	- - 6	1	120
12 - 3	—	280	- - 10	1	400	- - 7	1	307
- - 4	—	373	- - 11	1	540	- - 8	1	494
- - 5	—	467	- - 12	1	680	- - 9	1	680
- - 6	—	560	- - 14	1	961	- - 10	1	867
- - 7	—	654	20 - 3	—	467	- - 11	2	054
- - 8	—	747	- - 4	—	622	- - 12	2	241
- - 9	—	840	- - 5	—	778	- - 14	2	614
14 - 3	—	327	- - 6	—	934	- - 16	2	988
- - 4	—	436	- - 7	1	089	26 - 5	1	011
- - 5	—	545	- - 8	1	245	- - 6	1	214
- - 6	—	654	- - 9	1	400	- - 7	1	416
- - 7	—	762	- - 10	1	556	- - 8	1	618
- - 8	—	871	- - 11	1	712	- - 9	1	821
- - 9	—	980	- - 12	1	867	- - 10	2	023
- - 10	1	089	- - 14	2	178	- - 11	2	225
16 - 3	—	373	21 - 7	1	144	- - 12	2	427
- - 4	—	498	- - 8	1	307	- - 14	2	832
- - 5	—	622	22 - 3	—	513	- - 16	3	236
- - 6	—	747	- - 4	—	685	27 - 3	—	630
- - 7	—	771	- - 5	—	856	- - 4	—	840
- - 8	—	996	- - 6	1	027	- - 8	1	680
- - 9	1	120	- - 7	1	198	- - 9	1	890
- - 10	1	245	- - 8	1	369	28 - 3	—	654
- - 11	1	369	- - 9	1	540	- - 4	—	871
- - 12	1	494	- - 10	1	712	- - 5	1	089
18 - 3	—	420	- - 11	1	883	- - 6	1	307
- - 4	—	560	- - 12	2	054	- - 7	1	525

Dimensionen in Millimeter		Gewicht per 1 lfd. Meter		Dimensionen in Millimeter		Gewicht per 1 lfd. Meter		Dimensionen in Millimeter		Gewicht per 1 lfd. Meter	
Breite	Dicke	Kilo	Grm.	Breite	Dicke	Kilo	Grm.	Breite	Dicke	Kilo	Grm.
28 ×	8	1	743	34 ×	20	5	290	44 ×	5	1	712
- -	9	1	961	36 -	3	—	840	- -	6	2	054
- -	10	2	178	- -	4	1	120	- -	7	2	396
- -	11	2	396	- -	5	1	400	- -	8	2	739
- -	12	2	614	- -	6	1	680	- -	9	3	081
- -	13	2	832	- -	7	1	961	- -	10	3	423
- -	14	3	050	- -	8	2	241	- -	12	4	108
- -	16	3	485	- -	9	2	521	- -	14	4	792
30 -	3	—	700	- -	10	2	801	- -	16	5	477
- -	4	—	934	- -	12	3	361	- -	18	6	162
- -	5	1	167	- -	14	3	921	- -	20	6	846
- -	6	1	400	- -	16	4	481	- -	22	7	531
- -	7	1	634	- -	18	5	041	45 -	16	5	602
- -	8	1	867	- -	20	5	602	- -	18	6	302
- -	9	2	101	- -	22	6	162	- -	20	7	002
- -	10	2	334	38 -	5	1	478	- -	22	7	702
- -	11	2	567	- -	6	1	774	- -	24	8	402
- -	12	2	801	- -	7	2	069	48 -	4	1	494
- -	13	3	034	- -	8	2	365	- -	5	1	867
- -	14	3	268	- -	9	2	661	- -	6	2	241
- -	16	3	734	- -	10	2	956	- -	7	2	614
- -	18	4	201	- -	12	3	548	- -	8	2	988
32 -	3	—	747	- -	14	4	139	- -	9	3	361
- -	4	—	996	- -	16	4	730	- -	10	3	734
- -	5	1	245	- -	18	5	322	- -	12	4	481
- -	6	1	494	- -	20	5	913	- -	13	4	855
- -	7	1	743	40 -	3	—	934	- -	14	5	228
- -	8	1	992	- -	4	1	245	- -	16	5	975
- -	9	2	241	- -	5	1	556	- -	18	6	722
- -	10	2	490	- -	6	1	867	- -	20	7	469
- -	11	2	739	- -	7	2	178	- -	22	8	216
- -	12	2	988	- -	8	2	490	- -	24	8	963
- -	13	3	236	- -	9	2	801	50 -	18	7	002
- -	14	3	485	- -	10	3	112	- -	20	7	780
- -	15	3	734	- -	12	3	734	- -	22	8	558
- -	16	3	983	- -	14	4	357	- -	24	9	336
- -	18	4	481	- -	16	4	979	- -	27	10	503
- -	20	4	979	- -	18	5	602	54 -	5	2	101
33 -	4	1	027	- -	20	6	224	- -	6	2	521
- -	5	1	284	- -	22	6	846	- -	7	2	941
- -	6	1	540	42 -	4	1	307	- -	8	3	361
34 -	5	1	323	- -	6	1	961	- -	9	3	781
- -	6	1	587	- -	8	2	614	- -	10	4	201
- -	7	1	852	- -	9	2	941	- -	11	4	621
- -	8	2	116	- -	10	3	268	-	12	5	041
- -	9	2	381	- -	11	3	594	- -	13	5	462
- -	10	2	645	- -	12	3	921	- -	14	5	882
- -	11	2	910	- -	16	5	228	- -	16	6	722
- -	12	3	174	- -	18	5	882	- -	18	7	562
- -	14	3	703	- -	20	6	535	- -	20	8	402
- -	15	3	968	- -	22	7	189	- -	22	9	243
- -	16	4	232	44 -	3	1	027	- -	24	10	083
- -	18	4	761	- -	4	1	369	55 -	27	11	553

Dimensionen in Millimeter		Gewicht per 1 lfd. Meter		Dimensionen in Millimeter		Gewicht per 1 lfd. Meter		Dimensionen in Millimeter		Gewicht per 1 lfd. Meter	
Breite	Dicke	Kilo	Grm.	Breite	Dicke	Kilo	Grm.	Breite	Dicke	Kilo	Grm.
60 ×	5	2	334	75 ×	14	8	168	96 ×	12	8	963
- -	6	2	801	- -	16	9	336	- -	15	11	203
- -	7	3	268	- -	18	10	503	- -	18	13	444
- -	8	3	734	- -	20	11	670	- -	21	15	684
- -	9	4	201	- -	22	12	837	- -	25	18	672
- -	10	4	668	- -	24	14	004	100 -	8	6	224
- -	12	5	602	78 -	8	4	855	- -	10	7	780
- -	14	6	535	- -	10	6	068	- -	12	9	336
- -	16	7	469	- -	15	9	103	- -	14	10	892
- -	18	8	402	- -	18	10	923	- -	16	12	448
- -	20	9	336	- -	22	13	350	- -	18	14	004
- -	22	10	270	- -	30	18	205	- -	20	15	560
- -	24	11	203	80 -	8	4	979	- -	22	17	116
- -	30	14	004	- -	10	6	224	- -	24	18	672
65 -	30	15	171	- -	12	7	469	- -	26	20	228
66 -	6	3	081	- -	14	8	714	- -	36	28	008
- -	7	3	594	- -	16	9	958	110 -	8	6	846
- -	8	4	108	- -	18	11	203	- -	12	10	270
- -	9	4	621	- -	20	12	448	- -	16	13	693
- -	10	5	135	- -	22	13	693	- -	20	17	116
- -	12	6	162	- -	24	14	938	- -	24	20	539
- -	14	7	189	- -	33	20	539	120 -	8	7	469
- -	15	7	702	- -	36	22	406	- -	12	11	203
- -	16	8	216	85 -	8	5	290	- -	16	14	938
- -	18	9	243	- -	10	6	613	- -	20	18	672
- -	20	10	270	- -	12	7	936	- -	24	22	406
- -	22	11	297	- -	14	9	259	135 -	8	8	402
- -	24	12	324	- -	16	10	580	- -	12	12	604
- -	27	13	864	- -	18	11	903	- -	16	16	804
- -	39	20	026	- -	20	13	226	- -	20	21	006
70 -	6	3	268	- -	22	14	549	- -	24	25	208
- -	7	3	812	- -	24	15	872	150 -	8	9	336
- -	8	4	357	90 -	8	5	602	- -	12	14	004
- -	10	5	446	- -	10	7	002	- -	16	18	672
- -	12	6	535	- -	12	8	402	- -	20	23	340
- -	14	7	624	- -	14	9	803	- -	24	28	008
- -	16	8	714	- -	16	11	203	165 -	8	10	270
- -	18	9	803	- -	18	12	604	- -	12	15	405
- -	20	10	892	- -	20	14	004	- -	16	20	539
- -	22	11	981	- -	22	15	404	- -	20	25	674
- -	24	13	070	- -	24	16	805	- -	24	30	809
72 -	8	4	481	- -	35	24	507	195 -	8	12	137
- -	10	5	602	95 -	8	5	913	- -	12	18	205
- -	12	6	722	- -	10	7	391	- -	16	24	273
- -	15	8	402	- -	12	8	869	- -	20	30	342
- -	18	10	083	- -	14	10	348	- -	24	36	411
- -	22	12	324	- -	16	11	825	225 -	8	14	004
- -	30	16	805	- -	18	13	304	- -	12	21	006
75 -	6	3	501	- -	20	14	782	- -	16	28	008
- -	7	4	084	- -	22	16	260	- -	20	35	010
- -	8	4	668	- -	24	17	739	- -	24	42	012
- -	10	5	835	- -	26	19	216	275 -	14	29	953
- -	12	7	002	96 -	9	6	722				

Rund-Eisen.

Durchmesser in Millimeter	1 lfd. Meter		Durchmesser in Millimeter	1 lfd. Meter		Durchmesser in Millimeter	1 lfd. Meter	
	Kilo	Grm.		Kilo	Grm.		Kilo	Grm.
4	—	098	22	2	956	65	25	803
5	—	153	23	3	231	66	26	603
6	—	220	24	3	518	70	29	926
7	—	299	26	4	129	75	34	354
8	—	391	28	4	788	80	39	087
9	—	495	30	5	497	85	44	125
10	—	611	32	6	254	90	49	469
11	—	739	34	7	060	95	55	118
12	—	879	36	7	915	100	61	073
13	1	032	38	8	819	105	67	333
14	1	197	40	9	772	110	73	898
15	1	374	42	10	773	115	80	770
16	1	563	44	11	824	120	87	945
17	1	765	46	12	923	125	95	426
18	1	979	48	14	071	130	103	213
19	2	205	50	15	268	135	111	306
20	2	443	54	17	809	145	128	406
21	2	693	60	21	986			

Vierkant-Eisen.

Durchmesser in Millimeter	1 lfd. Meter		Durchmesser in Millimeter	1 lfd. Meter		Durchmesser in Millimeter	1 lfd. Meter	
	Kilo	Grm.		Kilo	Grm.		Kilo	Grm.
6	—	280	18	2	521	36	10	083
7	—	381	19	2	809	39	11	833
8	—	498	20	3	112	40	12	448
9	—	630	21	3	431	42	13	724
10	—	778	22	3	766	44	15	062
11	—	941	24	4	481	45	15	754
12	1	120	26	5	259	48	17	925
13	1	315	27	5	672	54	22	686
14	1	525	28	6	100	60	28	008
15	1	750	30	7	002	66	33	890
16	1	992	32	7	967	72	40	332
17	2	248	33	8	472	75	43	762

Gewalztes Nageleisen in verschiedenen Qualitäten als steyrisches, bayerisches, würtembergisches, nassauer kommt im quadratischen Querschnitt mit abgestumpften Ecken und mit 5, 6, $6\frac{1}{2}$, 7, 8 und 9 mm. Durchmesser vor.

Band - Eisen.

1fach dick				1 1/2fach dick				2fach dick				3fach dick				4fach dick			
in Millimeter		1 lfd. Meter		in Millimeter		1 lfd. Meter		in Millimeter		1 lfd. Meter		in Millimeter		1 lfd. Meter		in Millimeter		1 lfd. Meter	
Breite	Dicke	Kilo	Grm.	Breite	Dicke	Kilo	Grm.	Breite	Dicke	Kilo	Grm.	Breite	Dicke	Kilo	Grm.	Breite	Dicke	Kilo	Grm.
12	1 1/4	—	116	12	2	—	187	12	2 1/2	—	234	12	3 1/2	—	326	12	3 3/4	—	349
14	-	—	136	14	-	—	218	14	-	—	272	14	-	—	382	14	-	—	409
16	-	—	155	16	-	—	249	16	-	—	311	16	-	—	435	16	-	—	466
18	-	—	175	18	-	—	280	18	-	—	350	18	-	—	490	18	-	—	525
20	-	—	195	20	-	—	311	20	-	—	389	20	-	—	545	20	-	—	584
22	-	—	214	22	-	—	342	22	-	—	427	22	-	—	598	22	-	—	641
24	-	—	234	24	-	—	373	24	-	—	467	24	-	—	654	24	-	—	700
26	1 1/2	—	303	26	2 1/4	—	455	26	2 3/4	—	557	26	-	—	708	26	-	—	758
28	-	—	327	28	-	—	490	28	-	—	600	28	-	—	763	28	-	—	817
30	1 3/4	—	409	30	-	—	525	30	-	—	642	30	-	—	867	30	-	—	876
32	-	—	436	32	-	—	560	32	-	—	685	32	-	—	871	32	-	—	934
34	-	—	463	34	-	—	595	34	-	—	728	34	-	—	926	34	-	—	992
36	-	—	490	36	-	—	630	36	-	—	770	36	-	—	980	36	-	1	050
38	2	—	591	38	2 1/2	—	739	38	3	—	887	38	3 3/4	1	109	38	4	1	183
40	-	—	622	40	-	—	777	40	-	—	934	40	-	1	167	40	-	1	556
44	-	—	685	44	-	—	856	44	-	1	027	44	-	1	284	44	-	1	369
48	2 1/4	—	840	48	2 3/4	1	027	48	3 1/2	1	306	48	4 1/4	1	585	48	4 1/2	1	675
54	-	—	945	54	-	1	155	54	-	1	470	54	-	1	785	54	-	1	890
60	-	1	051	60	-	1	283	60	-	1	633	60	-	1	984	60	-	2	100
66	2 1/2	1	283	66	3	1	540	66	3 3/4	1	926	66	4 1/2	2	310	66	4 3/4	2	439
70	-	1	361	70	-	1	634	70	-	2	042	70	-	2	450	70	-	2	587
75	2 3/4	1	605	75	3 1/2	2	042	75	4 1/4	2	480	75	5 1/4	3	063	75	5 1/2	3	209
80	-	1	712	80	-	2	178	80	-	2	645	80	-	3	267	80	-	3	423
85	-	1	819	85	-	2	314	85	-	2	811	85	-	3	472	85	-	3	637
90	-	1	926	90	-	2	451	90	-	2	976	90	-	3	676	90	-	3	851
95	3	2	217	95	3 3/4	2	771	95	4 1/2	3	326	95	5 1/2	4	064	95	6	4	435
110	-	2	567	110	-	3	209	110	-	3	851	110	-	4	707	110	-	5	135
122	-	2	847	122	-	3	560	122	4	3	797	122	-	5	220				
135	-	3	151	135	-	3	939	135	-	4	201	135	-	5	777				
150	-	3	501	150	-	4	376	150	-	4	668	150	-	6	418				
162	-	3	781	162	-	4	726	162	-	5	041	162	-	6	932				

Gewalztes Qualität-Eisen

zum Lochen, Breiten, für Nieten, überhaupt zum Schmieden schwieriger Modellgegenstände etc. besonders geeignet, hat bei einer üblichen Länge von nahezu 3,5—4,5 m. folgende Dimensionen:

Flacheisen

breit mm.	dick mm.	breit mm.	dick mm.	breit mm.	dick mm.	breit mm.	dick mm.	breit mm.	dick mm.
12	7	28	10	36	22	48	24	66	27
16	7	28	13	42	12	54	14	66	39
18	8	30	14	42	16	54	18	80	12
22	9	32	10	42	22	54	24	80	18
22	10	32	15	48	9	60	14	80	24
24	9	34	16	48	14	60	18	80	36
24	12	36	18	48	18	60	24	100	36

Vierkant-Eisen in Längen von 3,5 — 4,5 m. und in Stärken von 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 26, 28, 30 mm.

Rund-Eisen in Längen von 3,5—4,5 m. und in Stärken von 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 60, 65 mm.

Kurzes geschmiedetes und gewalztes Reifeisen

in Gebinden von je 4 gleichlangen Stangen; für vordere Reife 1,75—1,90 m. lang, für hintere Reife 1,95—2,10 m. lang:

breit mm.	dick mm.	breit mm.	dick mm.	breit mm.	dick mm.	breit mm.	dick mm.	breit mm.	dick mm.	breit mm.	dick mm.	breit mm.	dick mm.
42	8	48	8	54	8	60	8	66	8	72	8	78	8
42	9	48	9	54	9	60	9	66	9	72	10	78	10
42	10	48	10	54	10	60	10	66	10	72	12	78	15
42	11	48	12	54	11	60	12	66	12	72	15	78	18
42	12	48	13	54	12	60	14	66	15	72	18	78	22
				54	13	60	16	66	18	72	22	78	30
						60	20	66	24	72	30		

Weiter kommen im Handel vor: geschmiedete Reife in einzelnen Stangen 1,70—2,00 m. lang, 96 mm. breit, 9, 12, 15, 18, 21, 25 mm. dick.

Geschmiedetes Stabeisen.

Geschmiedete Hufstäbe[1]) in Gebinden von nahezu 50 Kilogr. 2 m. lang.

breit mm.	dick mm.	breit mm.	dick mm.
24	9	30	13
26	9	32	12
28	10	32	13
28	11	34	15
28	12	34	16
30	12		

Geschmiedetes Ringeisen in Gebinden von nahezu 50 Kilogr. 2,0—2,5 m. lang.

breit mm	dick mm.
21	7
21	8
24	8
24	9
27	8
27	9

Geschmiedetes Spanneisen in Gebinden von nahezu 50 Kilogr. 2,0—2,5 m. lang.

breit mm.	dick mm.	breit mm.	dick mm.
27	3	33	6
27	4	36	4
30	3	36	6
30	4	42	4
30	5	42	6
30	6	48	4
33	4	48	6
33	5		

Geschmiedetes Vierkant- (sogenanntes Gitter-) Eisen kommt in Gebinden von circa 50 Kilogr., 2,0—2,5 m. lang vor, in Stärken von 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 mm. Seitenabmessung.

Material-Eisen.

Lammen- oder Breit-Eisen in Stangen von 1,0—1,25 m. lang in 3 Qualitäten, weich (roth gezeichnet), hart (weiss gezeichnet), extrahart (blau gezeichnet).

No. 0. 50 mm. breit, 27 mm. dick. No. 1. 55 mm. breit, 27 mm. dick.
No. 2. 60 „ 30 „ No. 3. 65 „ 30 „
No. 4. 80 „ 33 „ No. 5. 90 „ 35 „

Schürbeleisen flach sind 75—100 mm. breit und 40—50 mm. dick
oder 125—150 „ „ und 60—75 „ „

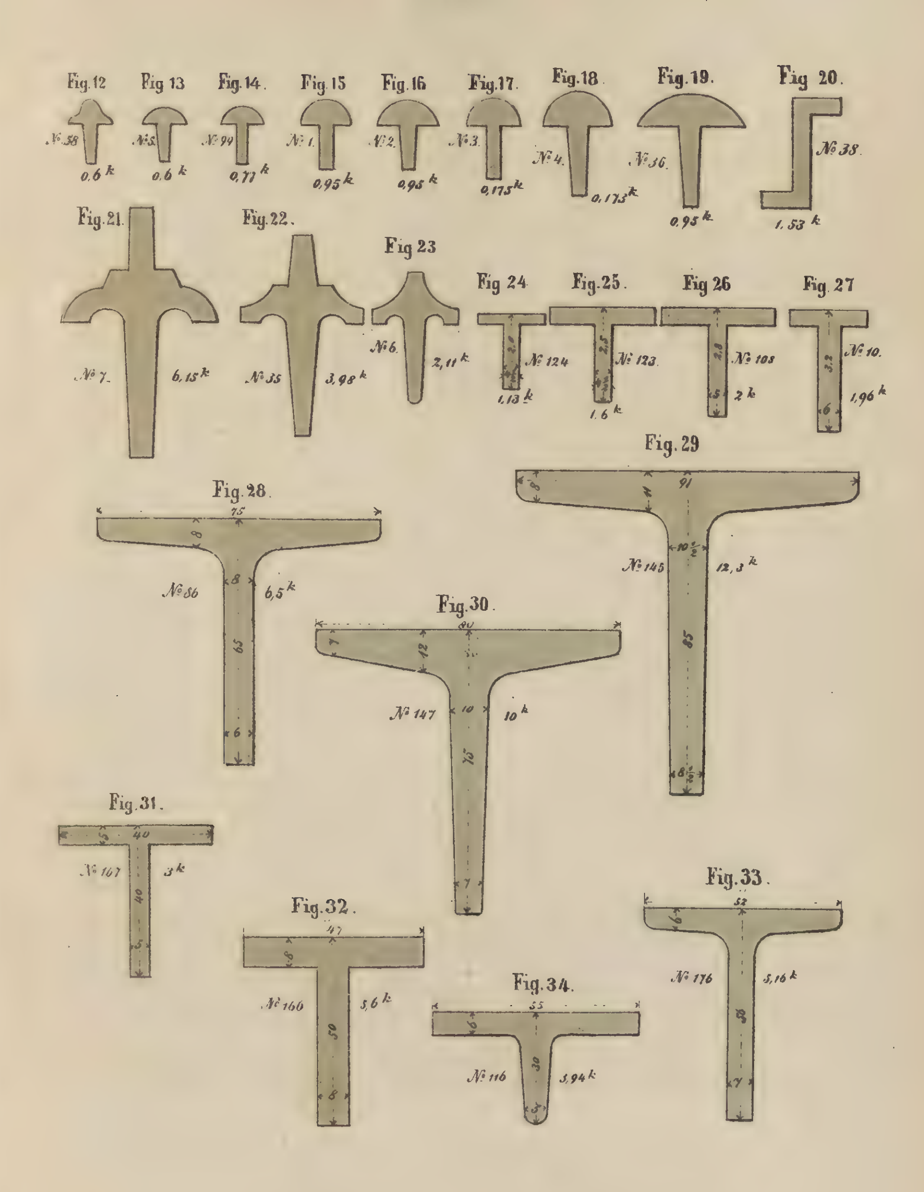
Schürbeleisen vierkantig nahezu 50, 55, 60 mm. dick, bei nahezu 2 m. Länge oder circa 80, 90, 100, 110, 125, 150 mm. dick.

Vierkanteisen (besondere Qualität für Axen und zum Verschmieden) 1,75—2,0 m. lang und 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 42, 45, 48, 54, 60, 66, 72 mm. dick.

Gewalzte abgekantete Chaisenreife (Feinkorn) in Garnituren von je 2 Stangen nahezu 3,20 m. und 2 Stangen nahezu 3,80 m. lang, haben folgende Abmessungen:

[1]) Gewalzte Hufstäbe sind in den gleichen Dimensionen zu haben.

Tafel I.



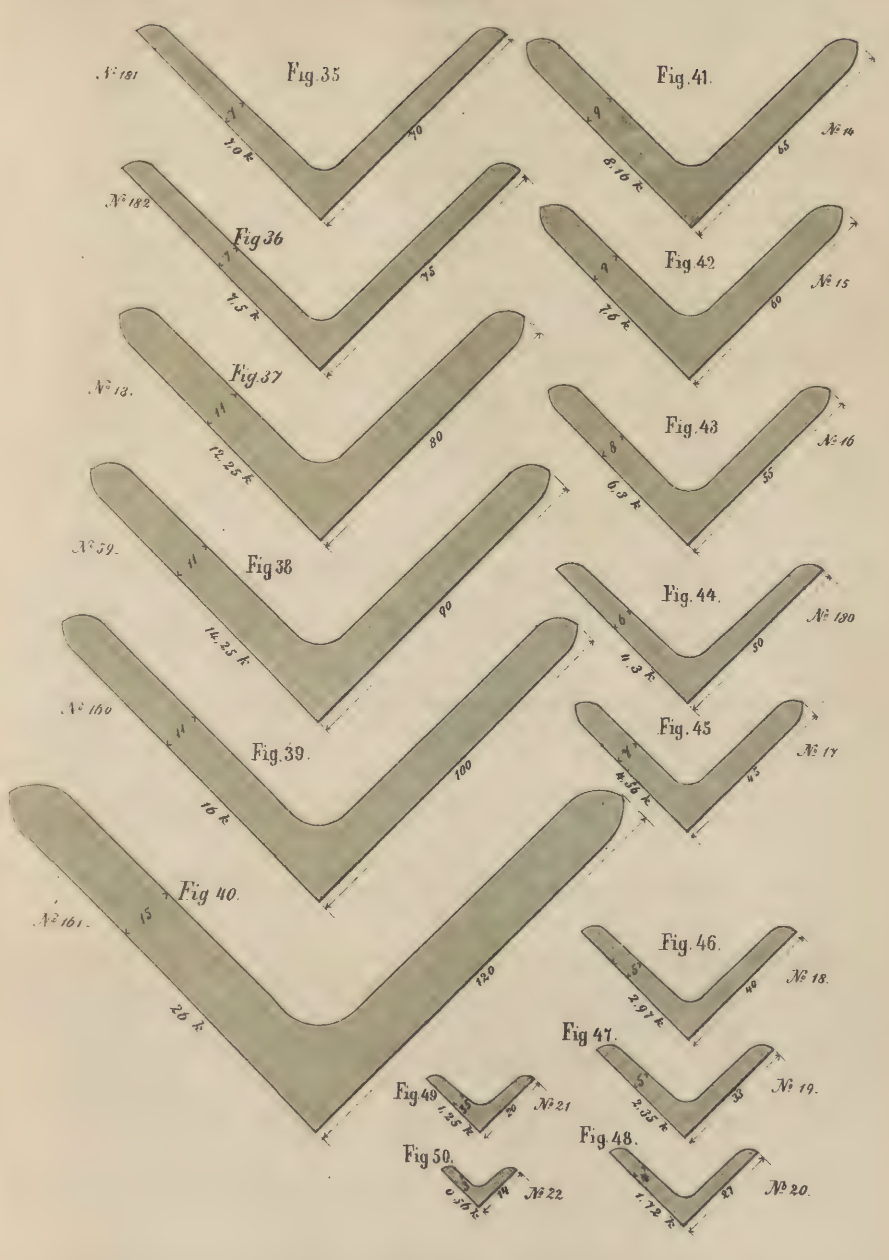
⅕ natürl. Gröſse.

Die Maſse sind in Millimeter, die Gewichte sind Kilogramme pro lfd. Meter.

Verlag von Julius Springer in Berlin. N.



Tafel II.

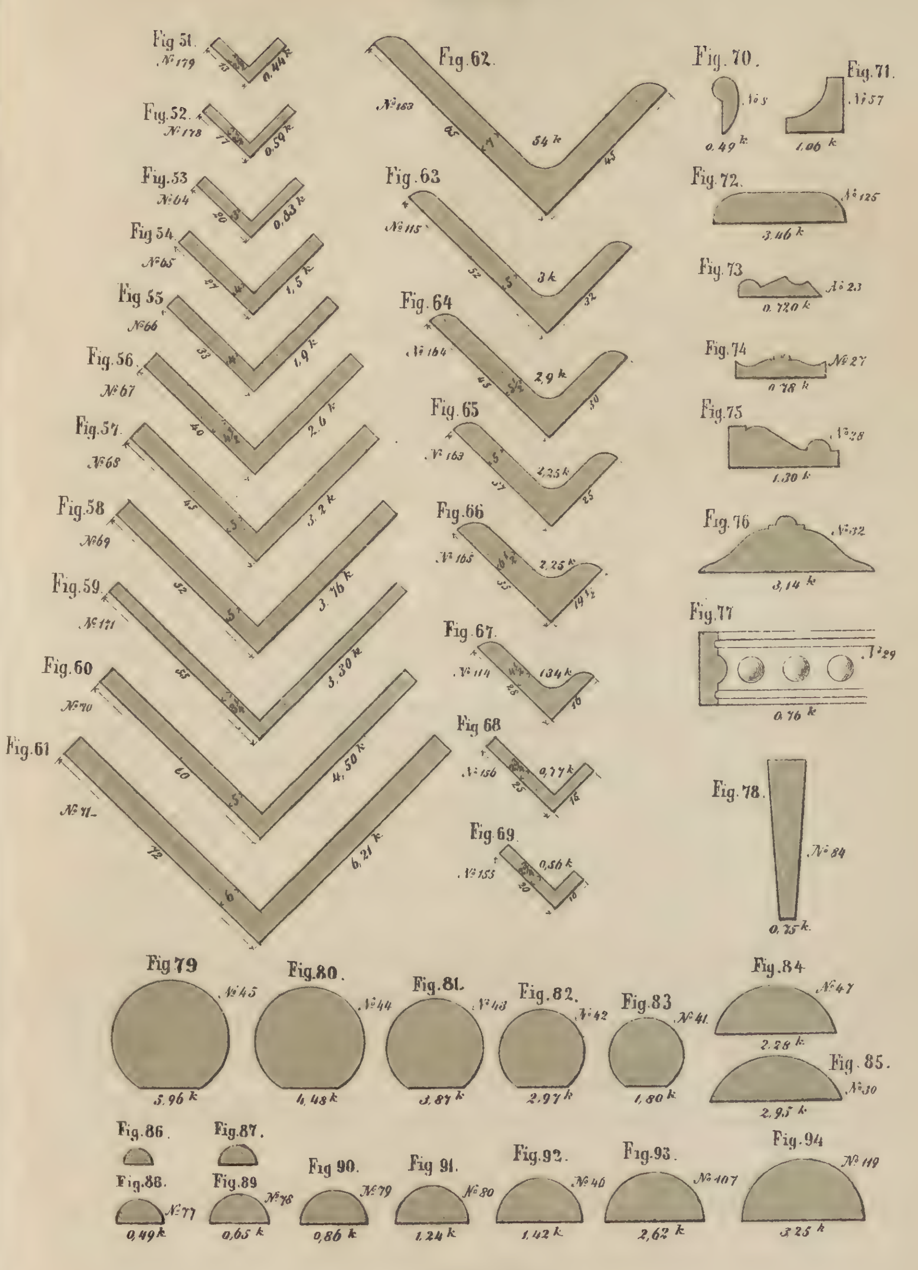


1/5 natürl. Größe.

Die Maße sind in Millimeter, die Gewichte sind Kilogramme pro lfd. Meter.

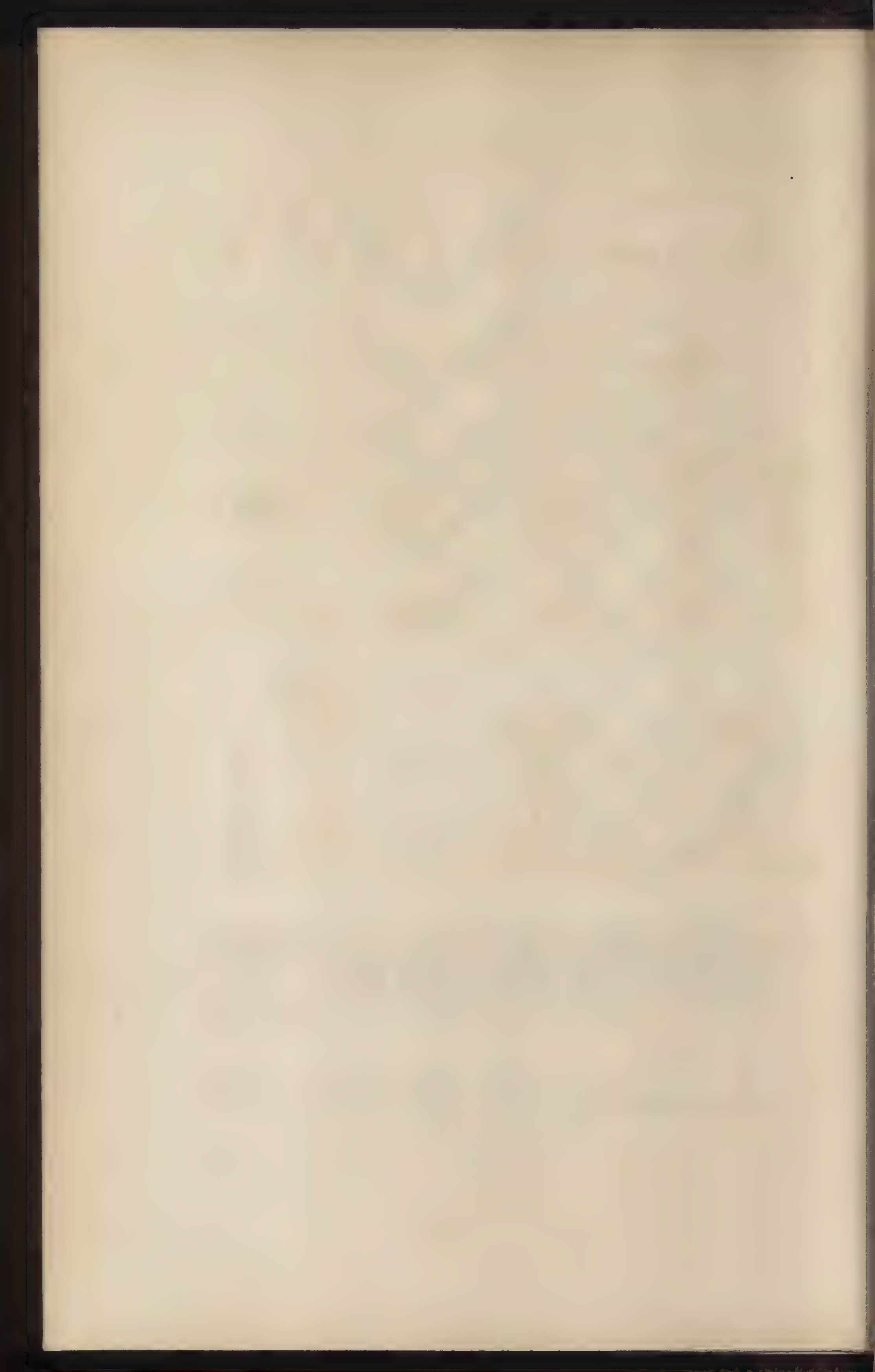


Tafel III.

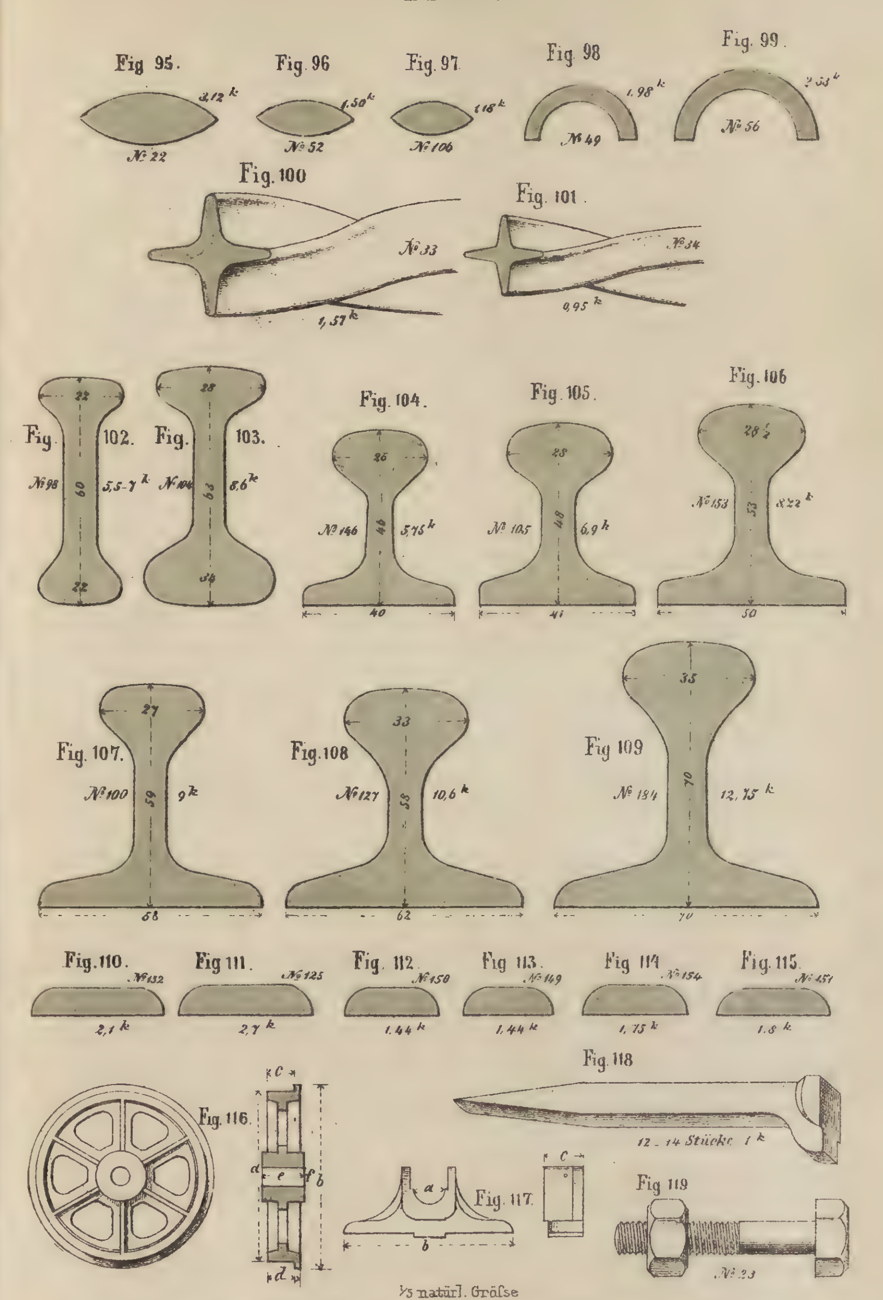


1/5 natürl. Größe

Die Maße sind in Millimeter, die Gewichte sind Kilogramme pro lfd. Meter.



Tafel IV.

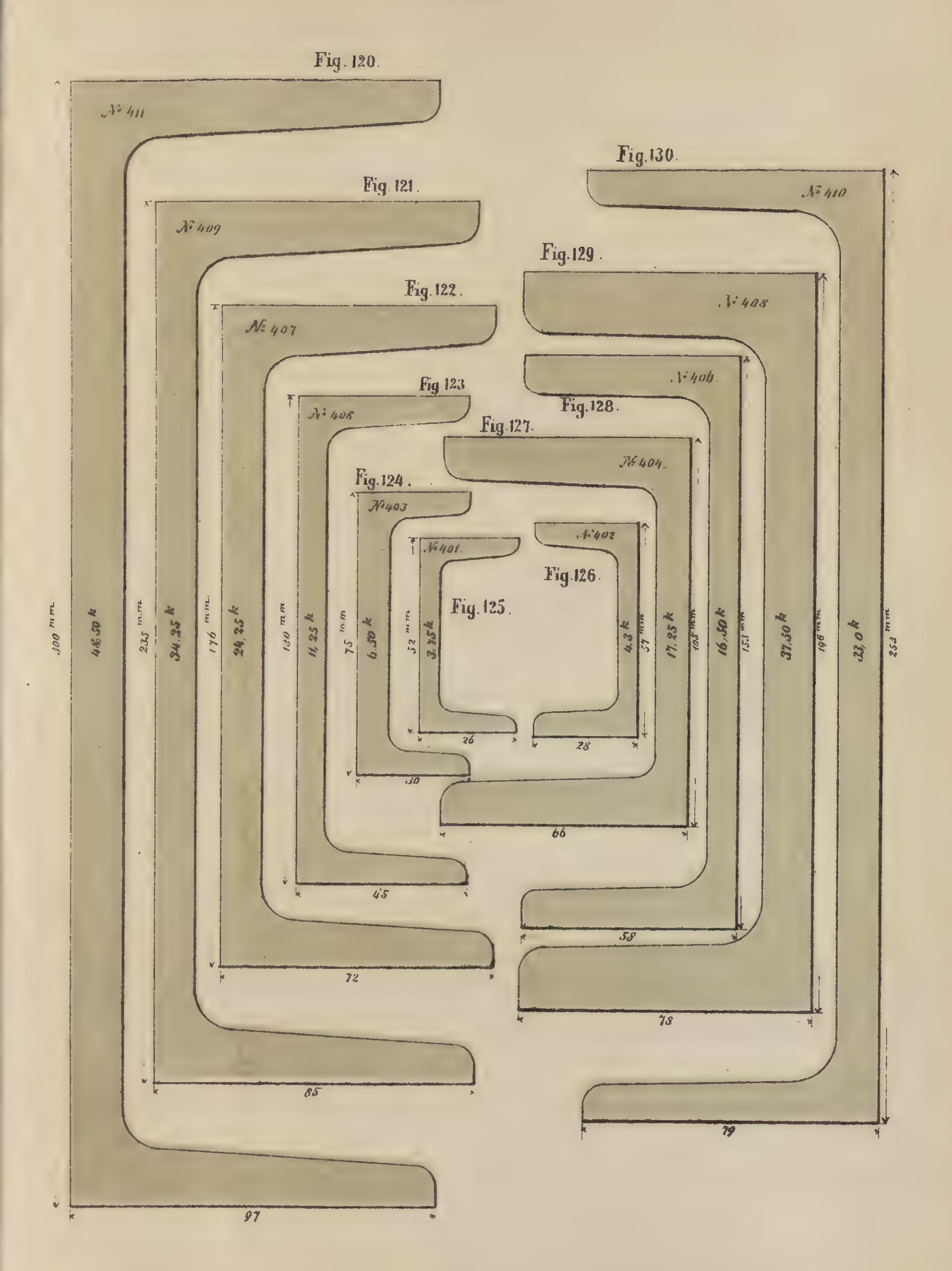


⅕ natürl. Gröſse

Die Maſse sind in Millimeter, die Gewichte sind Kilogramme pro lfd. Meter.



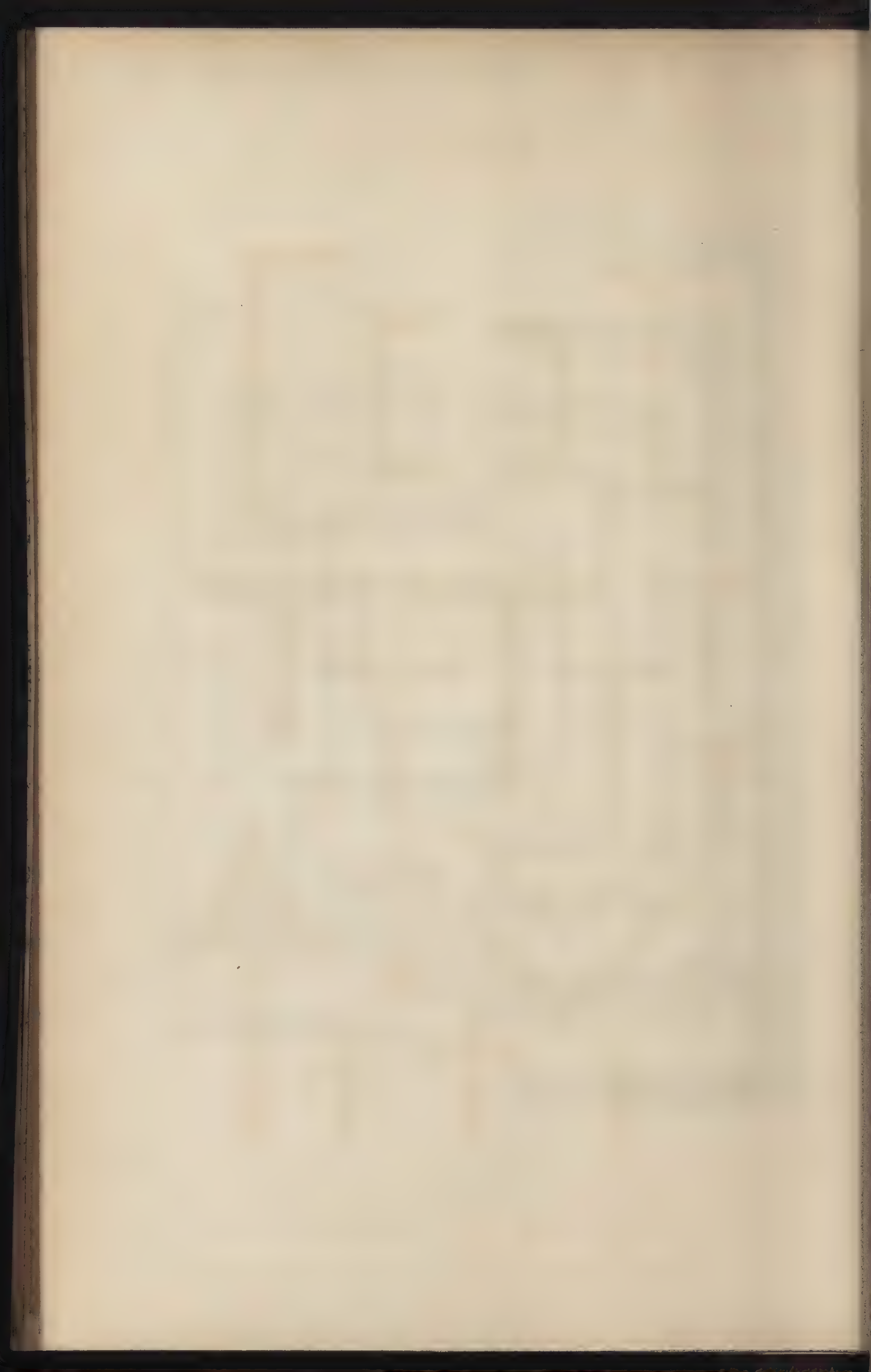
Tafel V.



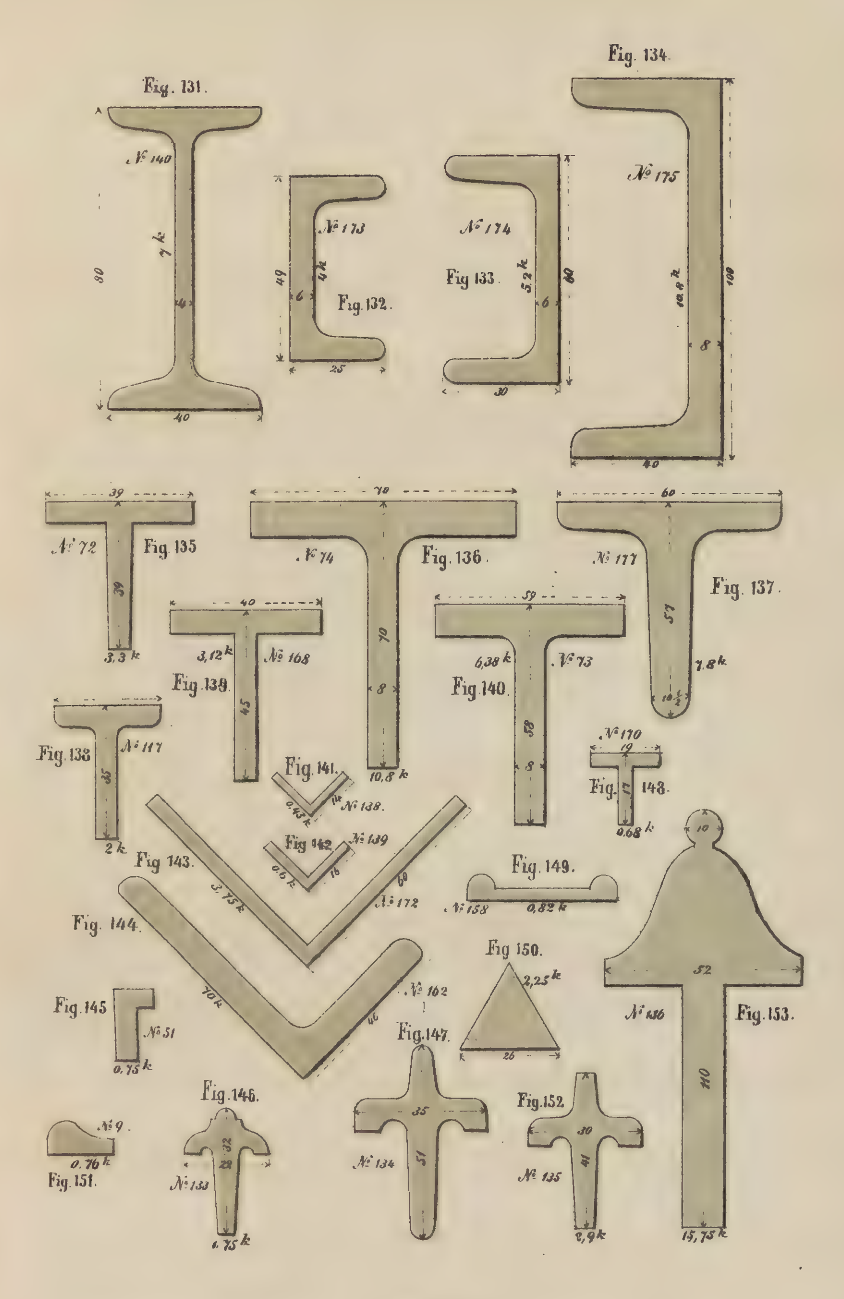
⅕ natürl. Gröſse.

Die Maſse sind in Millimeter, die Gewichte sind Kilogramme pro lfd. Meter.

Verlag von Julius Springer in Berlin. N.



Tafel VI.



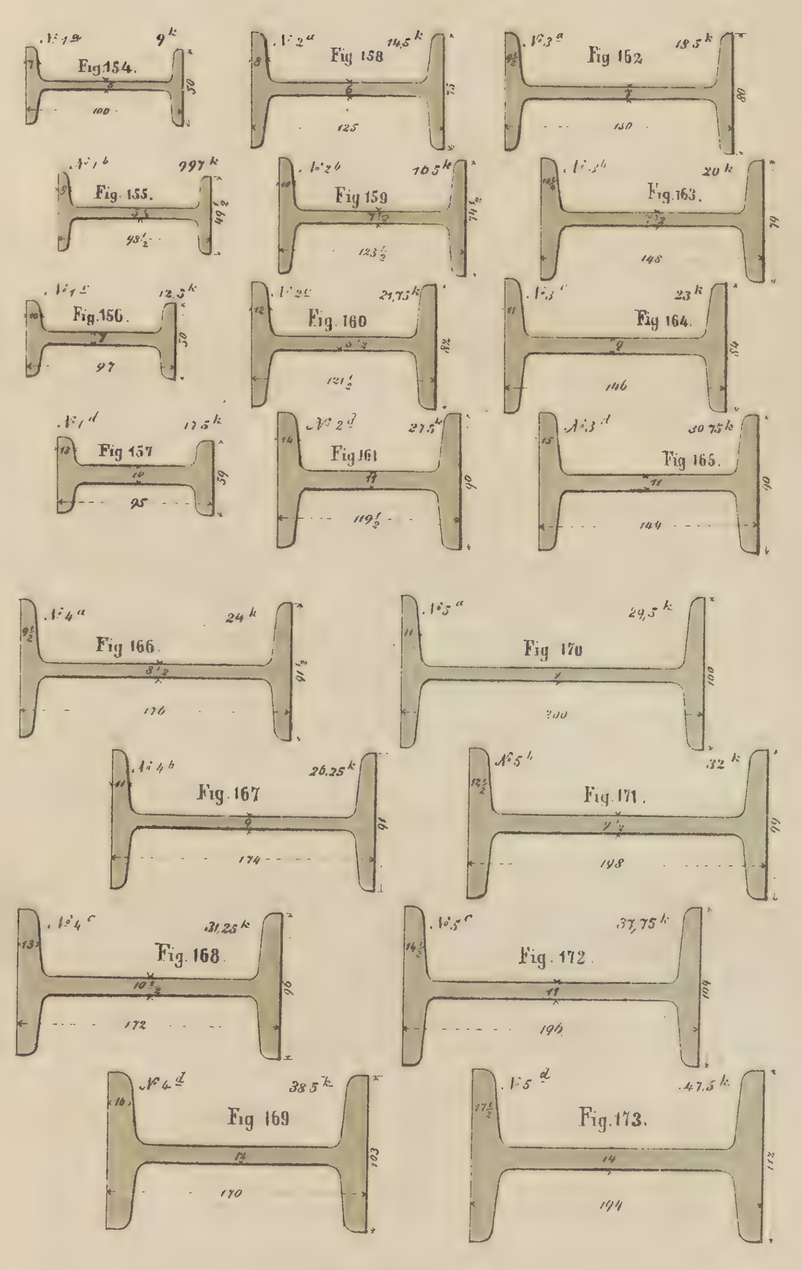
⅕ natürl. Gröſse

Die Maſse sind in Millimeter, die Gewichte sind Kilogramme pro lfd. Meter.

Verlag von Julius Springer in Berlin. N.



Tafel VII.



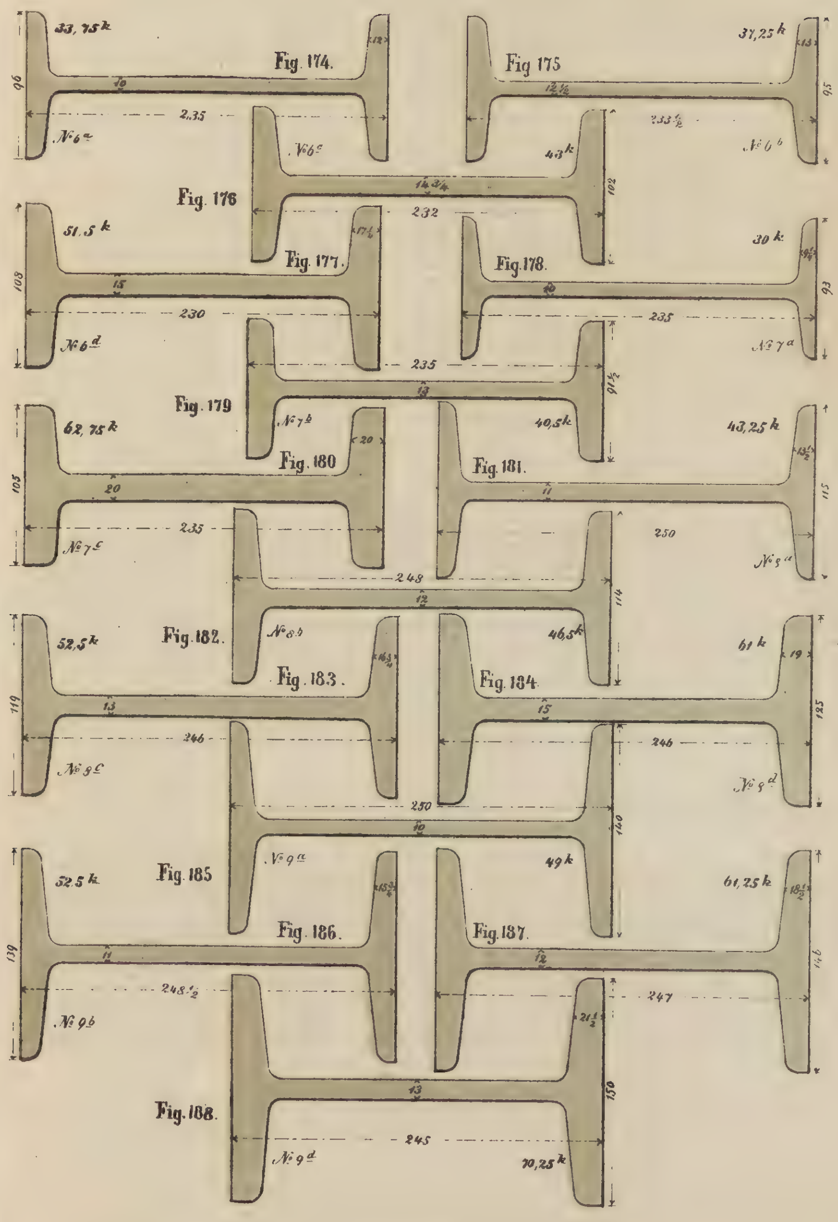
⅕ natürl. Größe.

Die Maße sind in Millimeter, die Gewichte sind Kilogramme pro lfd. Meter.

Verlag von Julius Springer in Berlin. N.



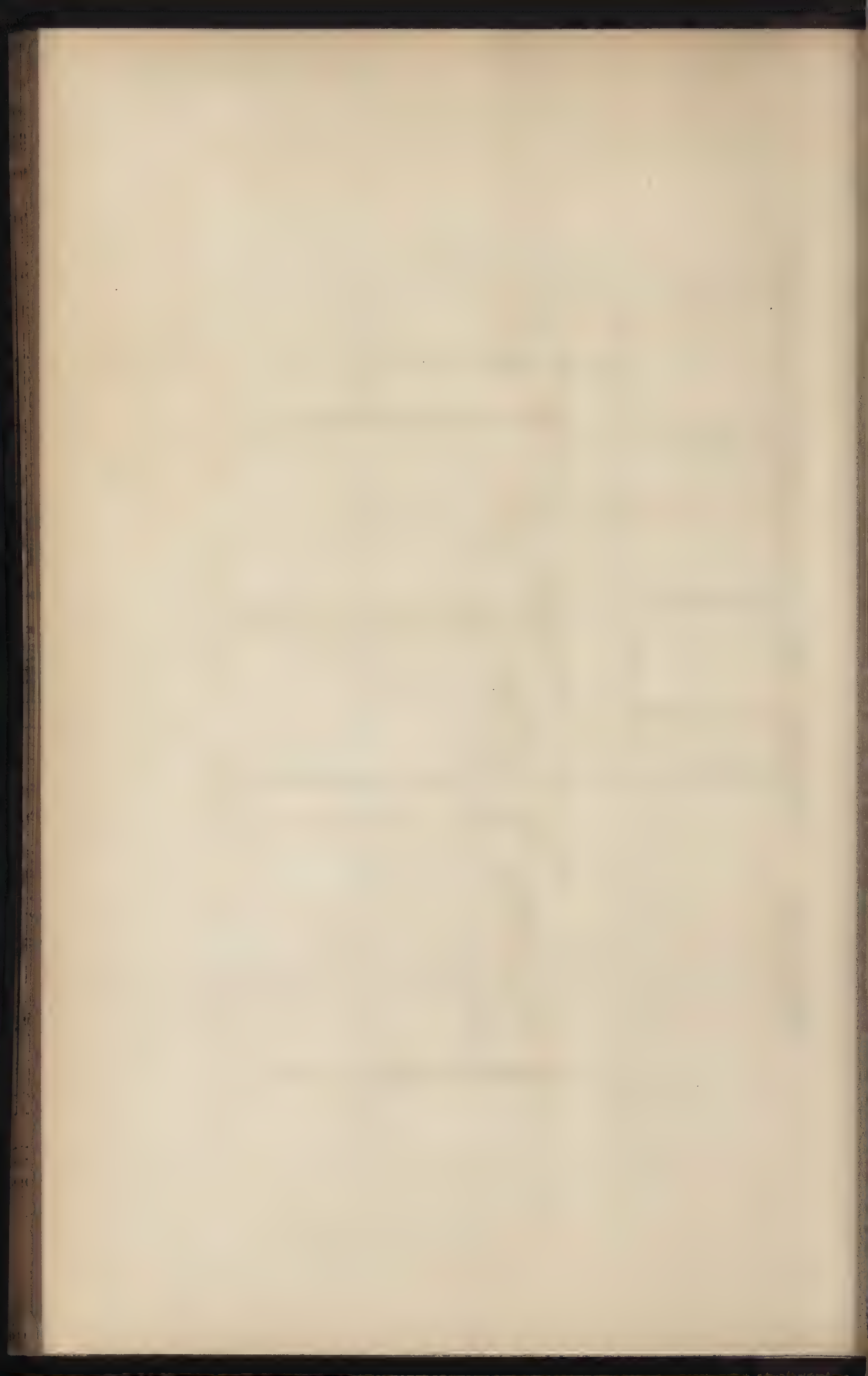
Tafel VIII.



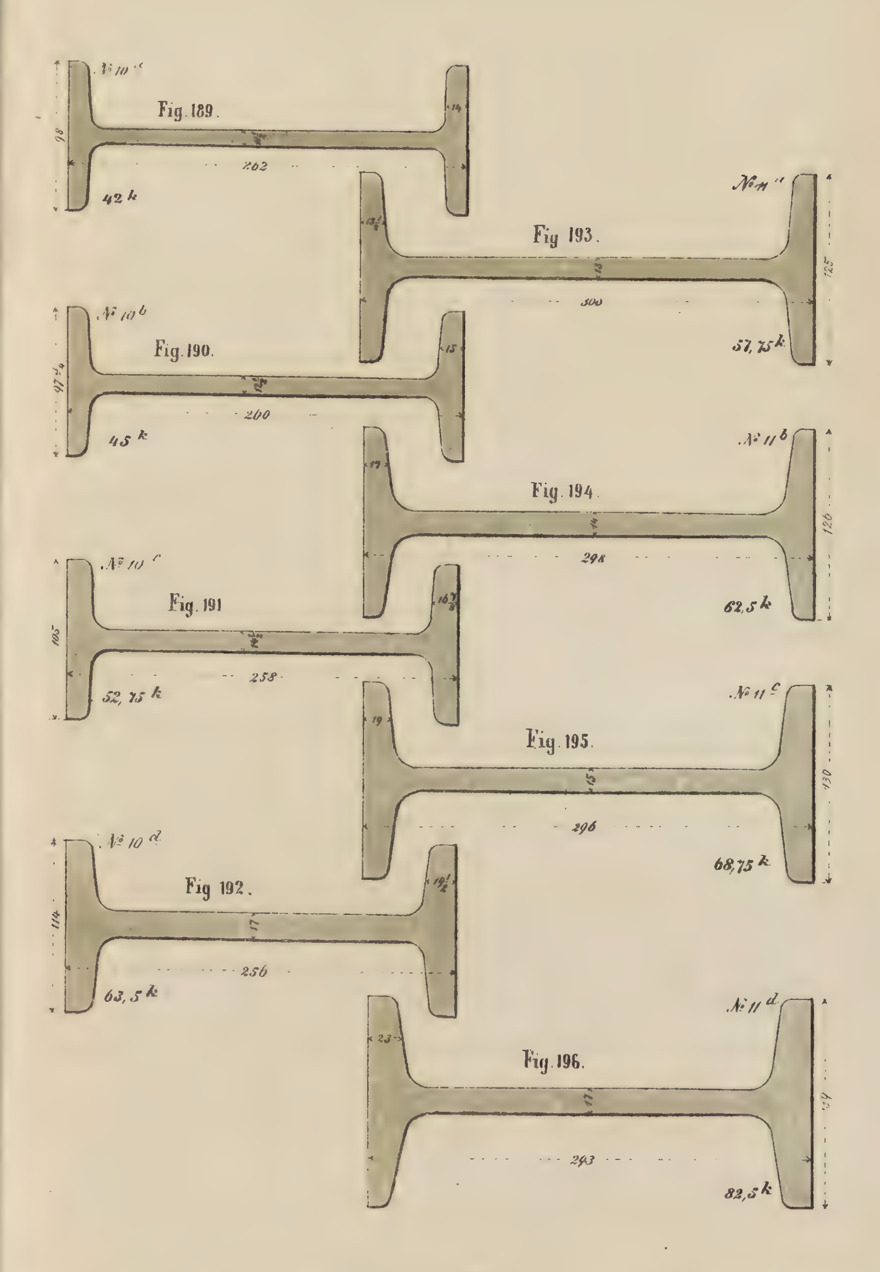
⅕ natürl. Gröſse.

Die Maſse sind in Millimeter, die Gewichte sind Kilogramme pro lfd. Meter.

Verlag von Julius Springer in Berlin N.

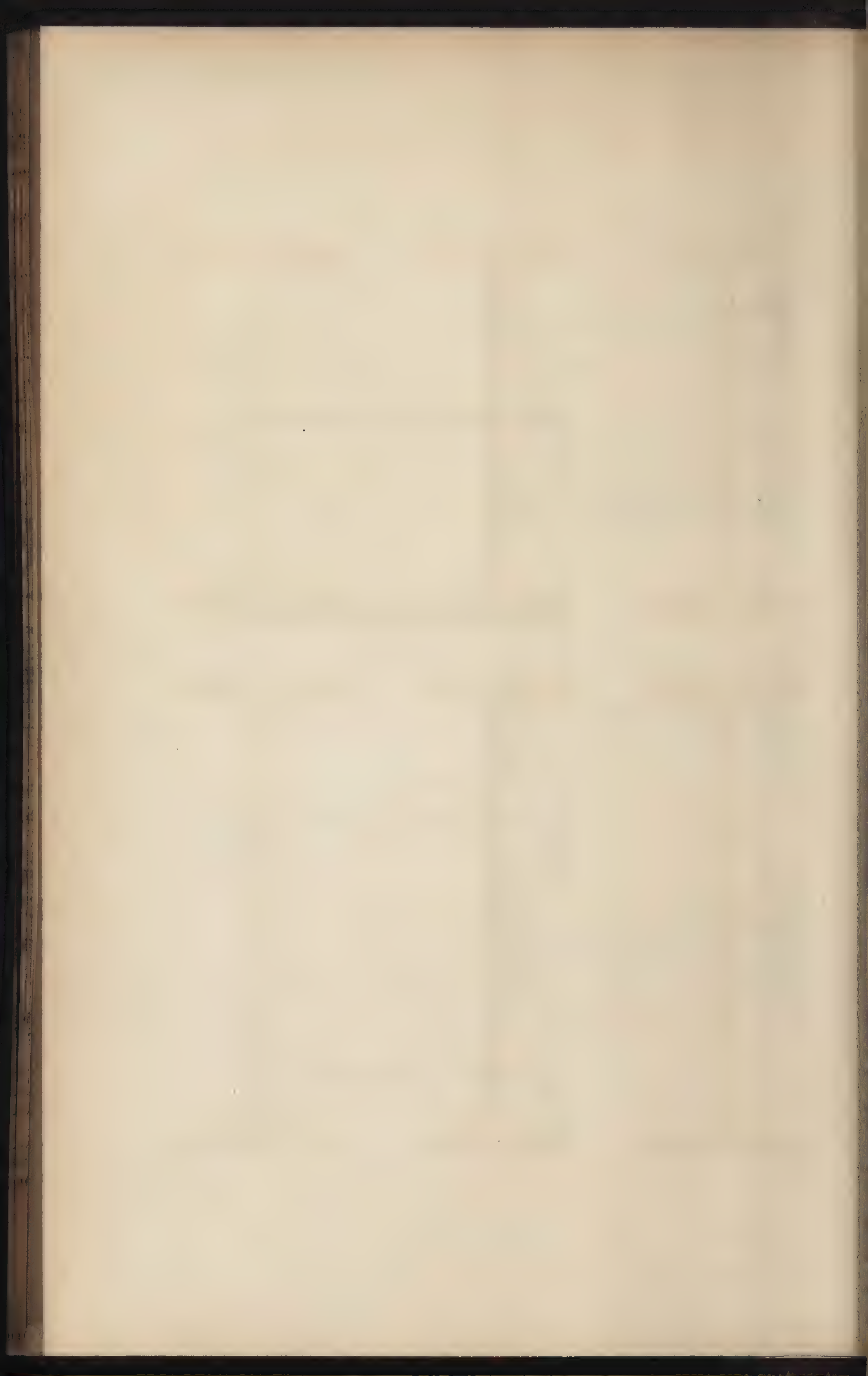


Tafel IX.

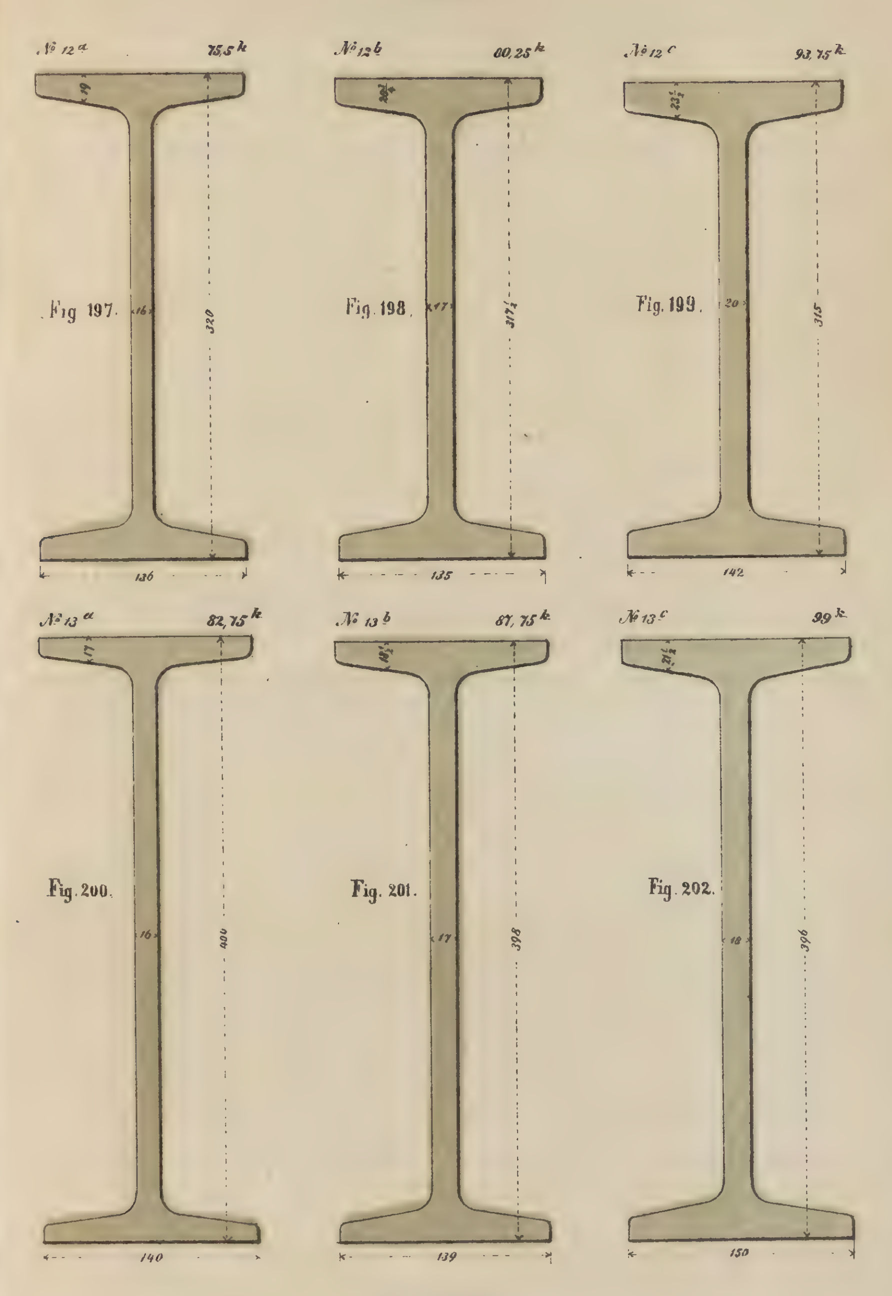


1/5 natürl. Gröſse.

Die Maſse sind in Millimeter, die Gewichte sind Kilogramme pro lfd. Meter.

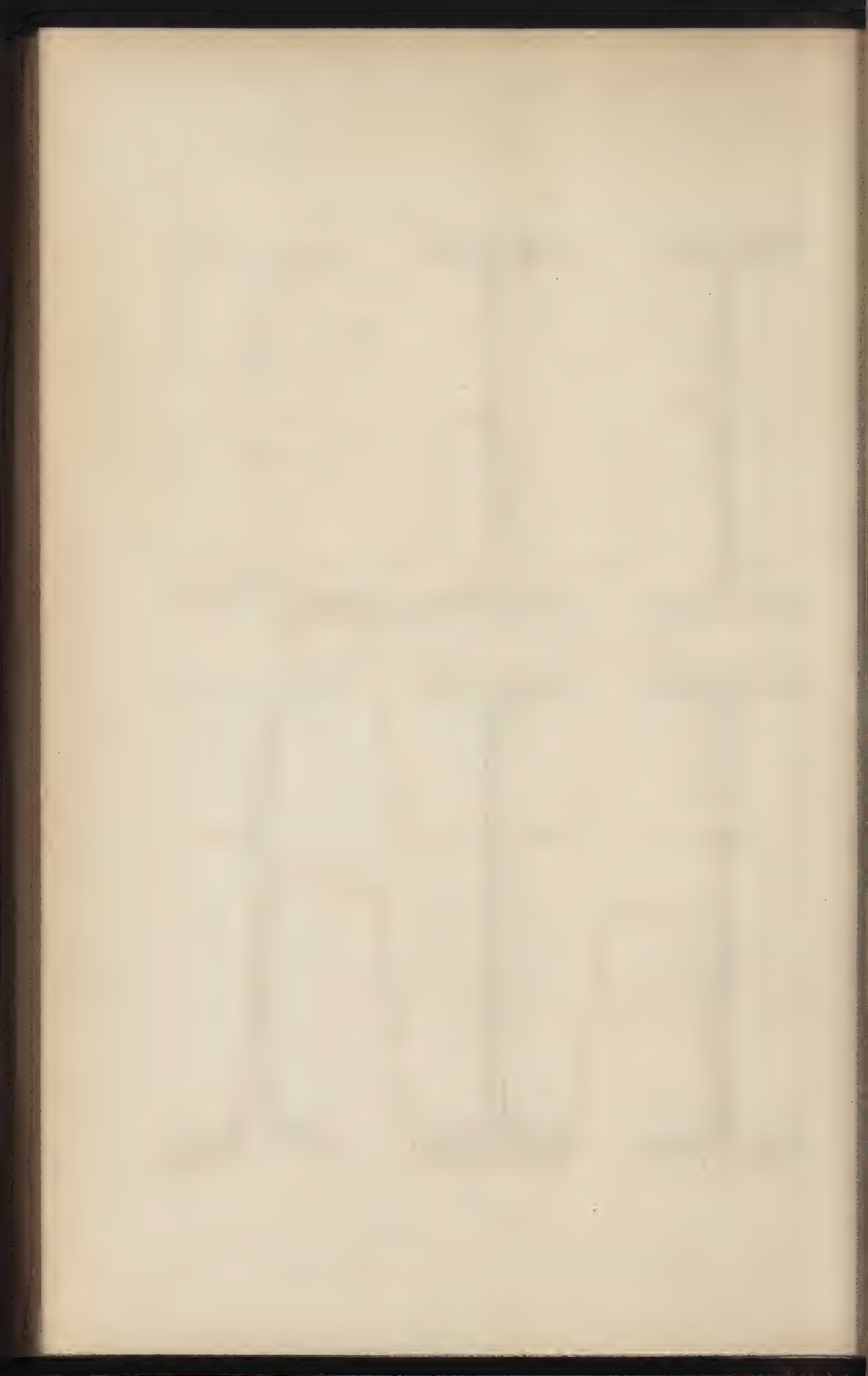


Tafel X.

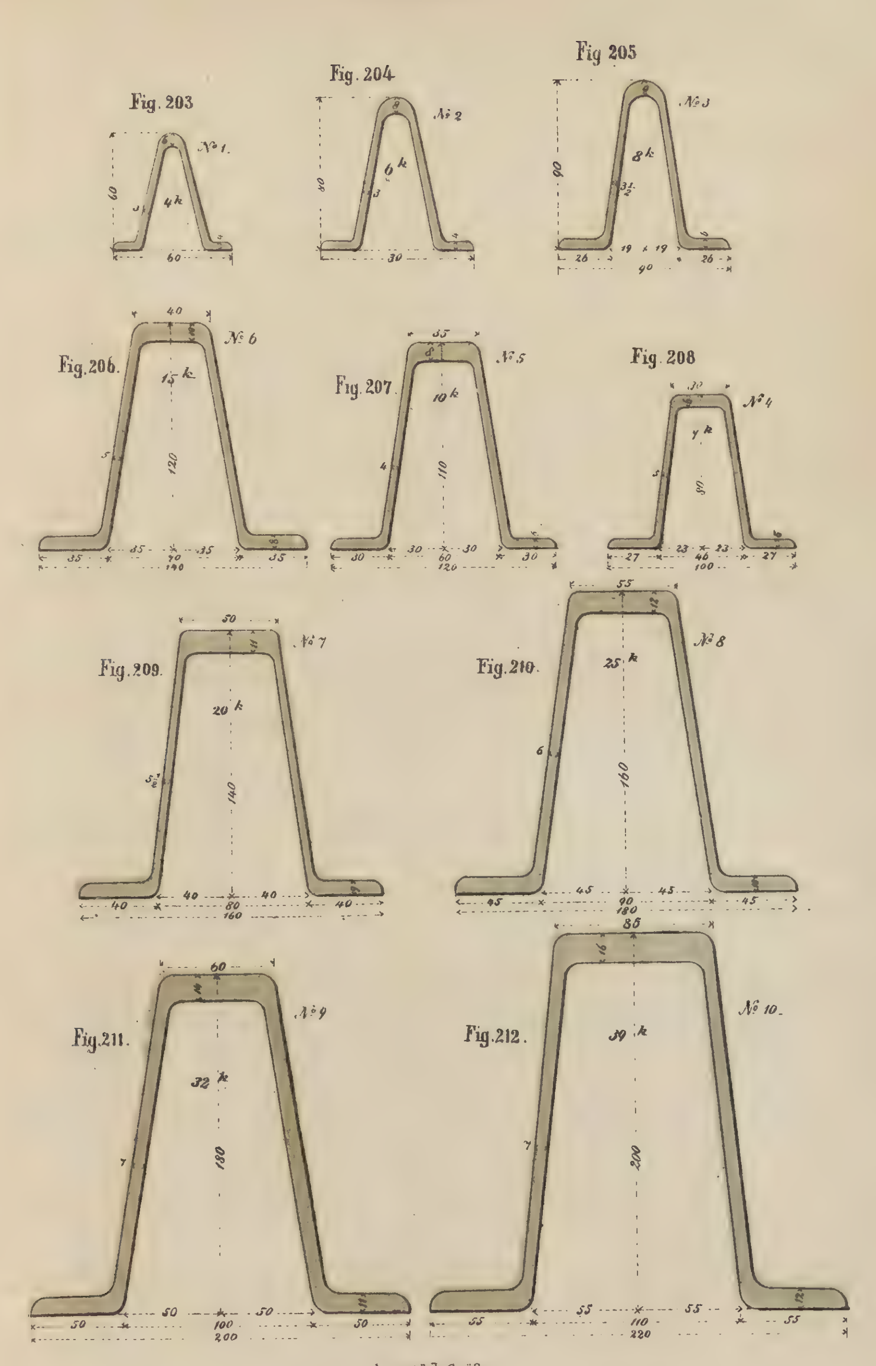


1/5 natürl. Größe.

Die Maße sind in Millimeter, die Gewichte sind Kilogramme pro lfd. Meter.

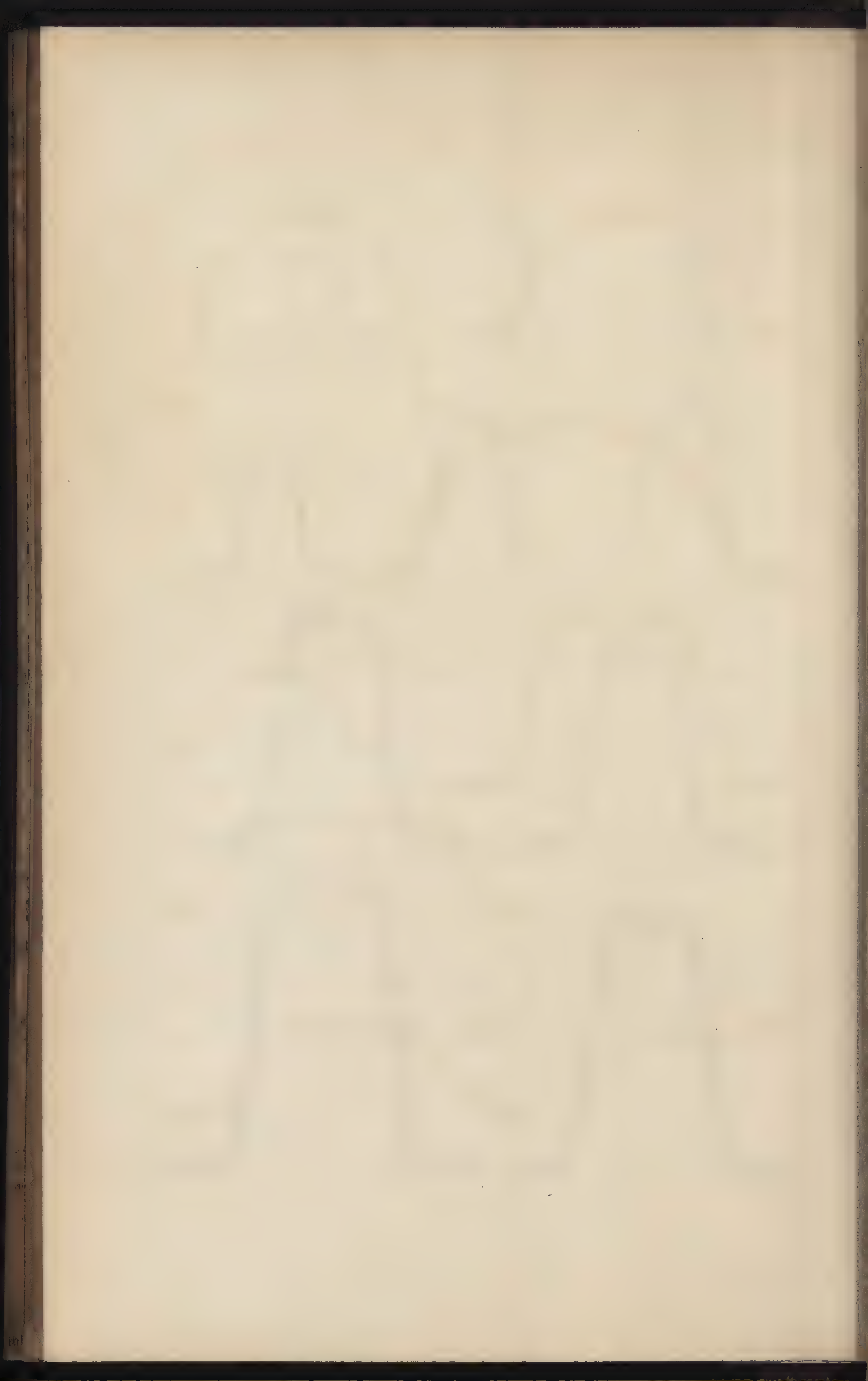


Tafel XI.

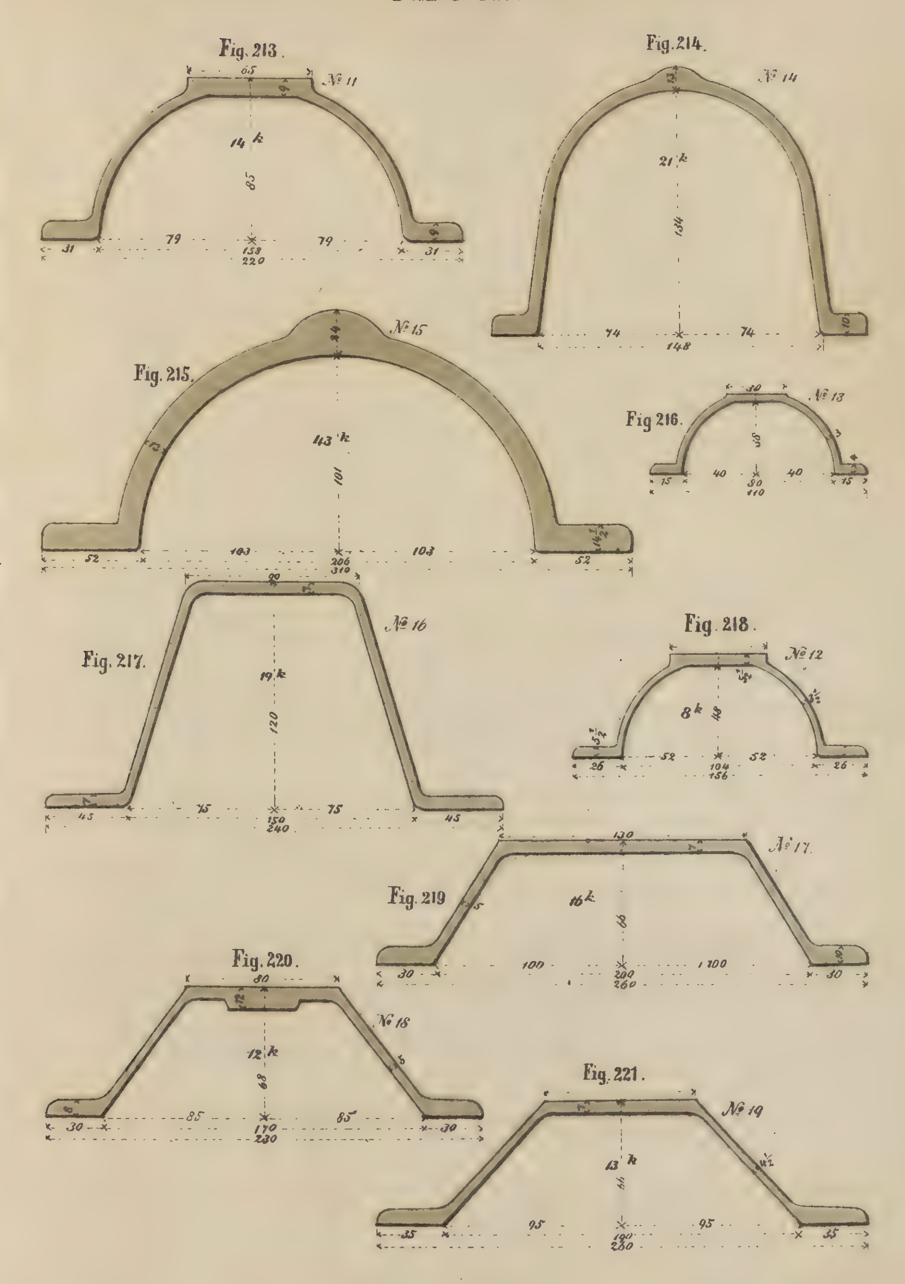


1/5 natürl. Gröſse

Die Maſse sind in Millimeter, die Gewichte sind Kilogramme pro lfd. Meter.

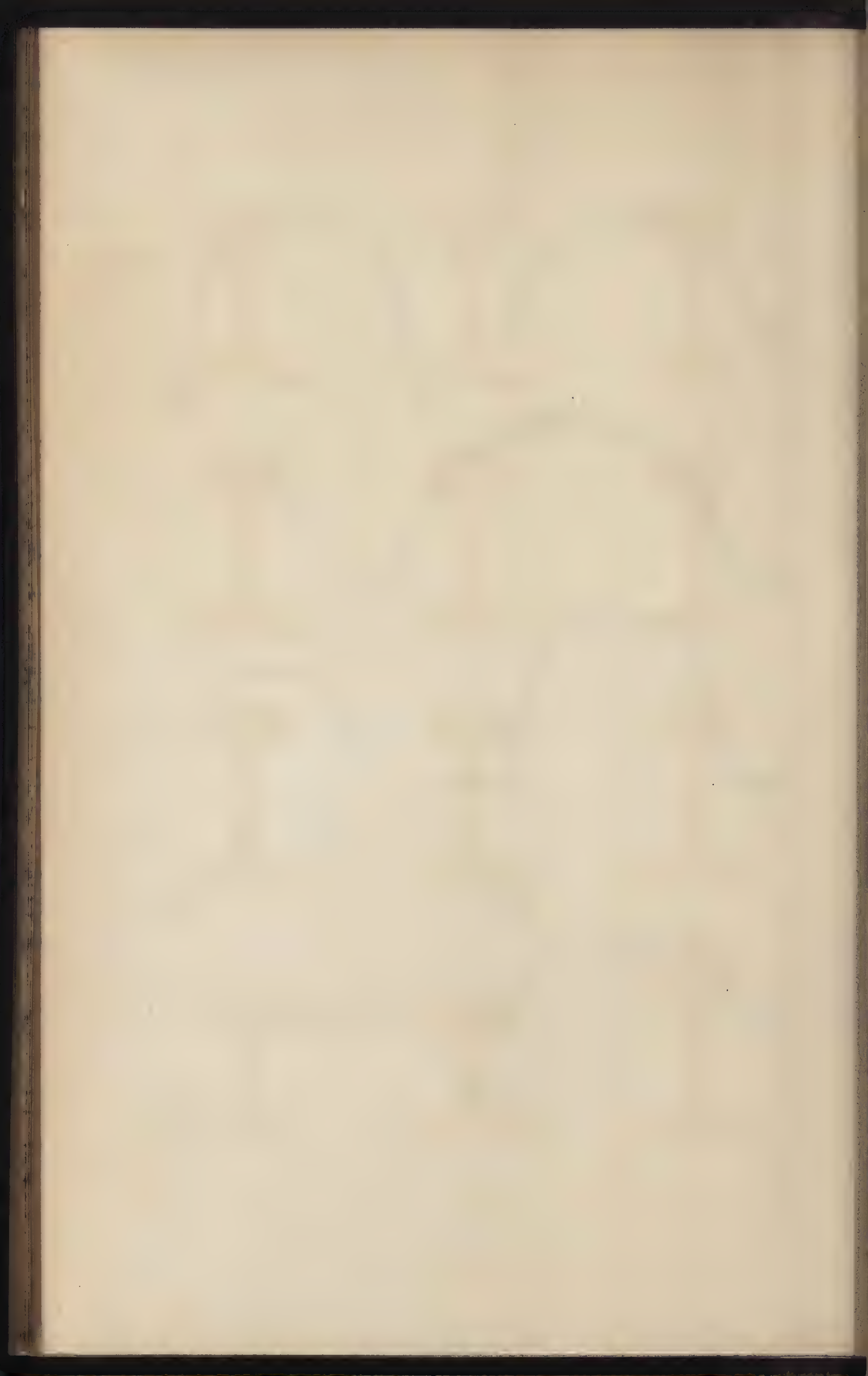


Tafel XII.

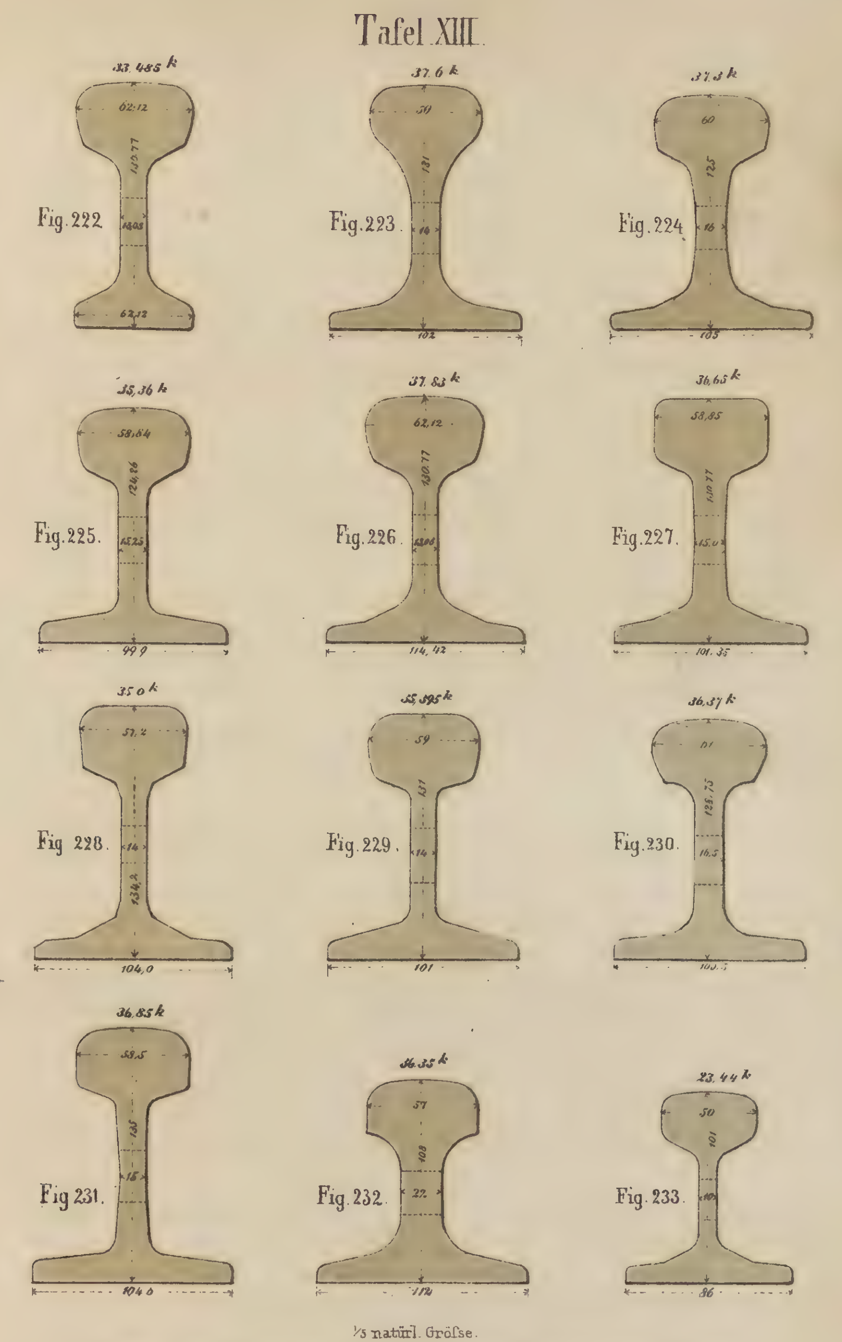


⅓ natürl. Gröſse.

Die Maſse sind in Millimeter, die Gewichte sind Kilogramme pro lfd. Meter.

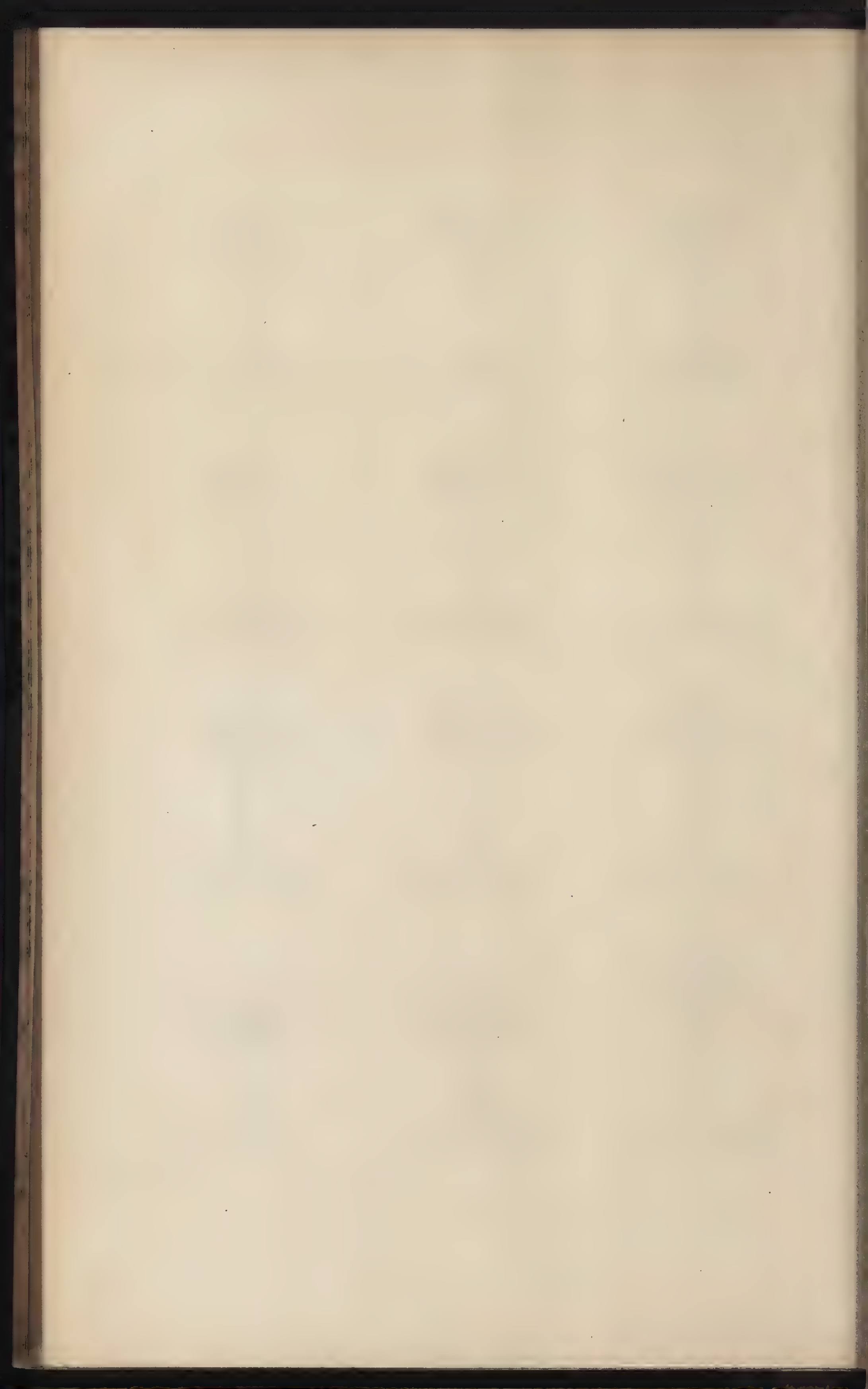


Tafel XIII.



1/5 natürl. Grösse.

Die Masse sind in Millimeter, die Gewichte sind Kilogramme pro lfd. Meter.



breit mm.	dick mm.	breit mm.	dick mm.	breit mm.	dick mm.	breit mm.	dick mm.	breit mm.	dick mm.	breit mm.	dick mm.
32	14	36	16	40	16	42	18	45	18	50	18
32	16	36	18	40	18	42	20	45	20	50	20
34	14	38	16	40	20	42	22	45	22	50	22
34	16	38	18	42	16	45	16	45	24	50	24
36	14	38	20								

Tafel I. Fig. 12 bis Fig. 34 giebt die in allen grossen Eisenhandlungen vorräthigen Fenster- und T-Eisen, mit ihren Fabriknummern; sämmtliche Profile sind in halber natürlicher Grösse dargestellt, die Gewichte pro laufende Meter sind in Kilogramm beigesetzt, die betreffenden Masse sind in Millimetern gegeben.

Tafel II. von Fig. 35 bis Fig. 50: Winkel-Eisen, gleichschenklig gewöhnliche; sämmtliche Profile sind in halber natürlicher Grösse gezeichnet; die Gewichte in Kilogramm pro laufende Meter; die Masse sind Millimeter.

Auf besondere Bestellung können No. 1 bis 1 mm. stärker, No. 18, No. 180, No. 181 bis 2 mm. stärker, No. 182 bis 3 mm. stärker, No. 159 und No. 160 bis 4 mm. stärker, No. 161 bis 5 mm. stärker und No. 17, No. 16, No. 15, No. 14, No. 13 bis 2 mm. schwächer geliefert werden.

Tafel III. von Fig. 51 bis Fig. 69: Winkel-Eisen, scharfkantige, gleichschenklige und ungleichschenklige; Leisten-Eisen, in den Figuren 70—78, abgeflachtes Rundeisen in den Figuren 79—83; Halbrund-Eisen in den Figuren 84—94.

Tafel IV. Fig. 95 bis Fig. 97 giebt Oval-Eisen; Fig. 98 und Fig. 99 Geländer-Eisen; Fig. 100 und Fig. 101 gewundenes Säuleneisen, in halber natürlicher Grösse und beigesetzten Dimensionen und Gewichten; auf derselben Tafel sind dargestellt in Fig. 102 bis Fig. 119 die im Handel beziehbaren Hülfsbahnschienen; Laschen-Eisen Fig. 110 ist passend zu den Schienen No. 105 und 107; Fig. 111 ist passend zur Schiene No. 104; Fig. 112 ist passend zur Schiene No. 146; Fig. 113 ist passend zur Schiene No. 105; Fig. 114 ist passend zur Schiene No. 153; Fig. 115 ist passend zur Schiene No. 127.

Rollwagenräder in Fig. 116 dargestellt, haben für a, b, c, d, e, f, die folgenden Dimensionen:

	a	b	c	d	e	f	Kilogr.
No. 11.	366.	300.	53.	70.	86.	25.	15.
No. 1.	394.	424.	57.	77.	116.	48.	38.
No. 5.	430.	472.	72.	92.	150.	48.	45.

Die Axenlager (Fig. 117) mit den beigesetzten Massen für a und b, werden vorherrschend in 3 Nummern angefertigt:

	a	b	c	Kilogr.
No. 1.	41.	204.	55.	3,1.
No. 2.	51.	260.	64.	5,3.
No. 3.	53.	280.	70.	7,0.

Rollwagenräder, Axen und Axenlager werden nicht nur roh, sondern auch nach Vorschrift aus- und abgedreht, gebohrt, sowie vollständig garnirt geliefert.

Schienennägel nach Figur 118 in dem Handel vorkommend und dann bei 13—14 Stück 1 Kilogr. wiegend, können auch stärker oder schwächer geliefert werden. Schraubenbolzen nach Fig. 119 zur Laschen-Verbindung sind meistens ohne Kopf 50 mm. lang und 11 mm. dick.

Tafel V. Fig. 120 bis Fig. 130: E-Eisen, welche auch in sämmtlichen Profilen je nach ihrer Grösse um 1 bis 5 mm. im Steg stärker geliefert werden können.

Tafel VI. Fig. 131 bis Fig. 153: Façoneisen, welche nicht beständig auf Lager sind.

Tafel VII. mit Fig. 154 bis Fig. 173; Tafel VIII. mit Fig. 174 bis Fig. 188; Tafel IX. mit Fig. 189 bis Fig. 196; Tafel X. mit Fig. 197 bis Fig. 202 stellen die doppelt T-Eisen oder die eisernen Tragbalken in 1/4 natürlicher Grösse gezeichnet dar; sie werden überall in Deutschland zu den verschiedensten Konstruktionen im Bau- und Ingenieurfach angewendet, und sind hauptsächlich zu beziehen aus den Eisenwerken des Rheins und der Saar (Aktiengesellschaft Phönix in Laar bei Ruhrort und Burbacher Hütte bei Saarbrücken).

Tafel XI. und Tafel XII. oder Fig. 203 bis Fig. 212 und Fig. 213 bis Fig. 221 geben die in Frankreich schon seit längerer Zeit verwendeten sogenannten Zorès-Eisen (nach dem Erfinder so genannt); die fer conique in den No. 1—10, die fer arrondi in No. 11—15 und die fer trouqué, in No. 16—19 dargestellt, zeigen die gebräuchlichen Dimensionen; die Gewichte pro laufende Meter sind überall beigesetzt. Die Zorès-Eisen sind vielfach durch doppelt T-Eisen verdrängt worden, welche letztere bei gleichem Querschnitte ein grösseres Widerstandsmoment gegen biegende Kraft nachweisen; wo es jedoch auf Seitensteifigkeit, auf breite Grundfläche, auf geneigte Seitenflächen ankommt, werden jene stets ihren Platz behaupten, wie z. B. als Träger von Kappengewölben, als Wandsäulen, wobei zwei halbrunde Eisen nach der Länge zusammengenietet werden, und als Eisenbahnquerschwellen.

Eisenbahnschienen in den üblichen Profilen (1/4 der natürlichen Grösse) zeigt die Tafel XIII. Fig. 222 bis 233; das Gewicht, in Kilogr. angegeben, bezieht sich auf ihre Länge pro laufenden Meter; die Masse sind

in Millimeter beigesetzt. Fig. 222 ist eine Stuhlschiene, auf der Berlin-Potsdam-Magdeburger Eisenbahn im Jahre 1867 eingeführt; diese veraltete Schienenform ist nur noch auf wenigen Bahnen anzutreffen, da gegenwärtig fast überall die breitbasigen Schienen eingeführt sind. Fig. 223: Schiene mit birnförmigem Kopfe, 1860 eingeführt bei der niederländischen Staatseisenbahn. Fig. 224: Schiene der kgl. bayerischen Staatsbahn, 1867 eingeführt. Fig. 225: Schiene der Berlin-Anhaltischen Eisenbahn, eingeführt 1870. Fig. 226: Vignole's Schiene der Berlin-Potsdam-Magdeburger Eisenbahn, eingeführt 1869. Fig. 227: Schiene der Berlin-Stettiner Eisenbahn. Fig. 228: Schiene der Oberhessischen Eisenbahn, eingeführt 1869. Fig. 229: Schiene der Köln-Mindener Eisenbahn, eingeführt seit Anfang 1868. Fig. 230: Schiene der Thüringischen Eisenbahn. Fig. 231: Schiene der Braunschweigischen Eisenbahn, eingeführt 1869. Fig. 232: Schiene der Lemberg-Czernowitz-Jassy Eisenbahn, eingeführt 1866. Fig. 233: Schiene der Pfälzischen Eisenbahnen (kleines Profil).

Die grösste Höhe mit 135 mm. hat Fig. 231, die geringste mit 101 mm. hat Fig. 233, die breiteste Basis mit 114,42 mm. hat Fig. 226, die schmalste Basis mit 86 mm. hat Fig. 233. Die grösste Stegdicke mit 22 mm. hat Fig. 232, die geringste Stegdicke mit 10 mm. hat Fig. 239.

Die ersten Eisenbahnschienen stellte man in Deutschland aus solchem Roheisen her, das auf den Hohöfen mit Holzkohle unter Anwendung eines kalten Luftstroms erblasen wurde; diese Schienen zeigten sich äusserst widerstandsfähig, waren aber sehr theuer und werden heutigen Tags, wo in unsern Hohöfen für Massenproduktion vorherrschend mit Koks unter Anwendung eines heissen Luftstroms gearbeitet wird, nicht mehr angefertigt; die gegenwärtige Fabrikation von Eisenbahnschienen benutzt als Material entweder Schmiedeeisen oder Stahl für sich allein, oder Schmiedeeisen und Stahl in Kombination.

Verwendet man zur Eisenbahnschienenfabrikation Schmiedeeisen allein, so wird man mit frisch gepuddeltem Luppeneisen, das man erneut der Schweisshitze unterwirft, bessere Resultate erzielen, als wenn man bereits abgeschweisste Eisenstücke dem Schweissprozesse von Neuem unterwirft; ganz unvollkommen wird aber die Schweissung ausfallen, wenn das zum Zusammenschweissen bestimmte Eisen altes mit einer Rosthaut behaftetes Material ist, weil eine solche Rosthaut dem Zusammenschweissen hinderlich ist. Eisenbahnschienen, durch Umwalzen von alten gebrauchten Schienen entstanden, sind nie im Stande, bei nur einigermassen forzirtem Betriebe der Abnutzung einen grossen Widerstand entgegenzusetzen, selbst dann nicht, wenn das Umwalzen mit aller Sorgfalt ausgeführt wird.

Bei Verwendung frisch gepuddelter Luppenstäbe richtet man die verschiedenen Eisensorten in den Packeten so zusammen, dass dem Schienenkopfe entweder sehniges Eisen oder Kaltbrucheisen oder Feinkorneisen resp. Puddelstahl gegeben wird und hiernach unterscheidet man dann:

Eisenbahnschienen mit sehnigem Kopf,
" " Kaltbruchkopf,
" " Feinkornkopf,
" " Puddelstahlkopf.

Schienen mit sehnigem Kopf sind bei lebhaft betriebenen Bahnstrecken, die mit schweren Lokomotiven befahren werden, schnell zerstört, und es eignet sich deshalb das phosphorhaltige kaltbrüchige Eisen wegen seiner grossen Härte vortrefflich zur Kopfbildung unserer Eisenbahnschienen; hier zur Verwendung gebracht, schleift sich dies sonst so gefürchtete Material sehr regelmässig durch den Betrieb ab und hinterlässt fast niemals an den Schienenbacken die sogenannten „Stauchbärte", ja die Kaltbruch-Kopfschiene gewährt ihrer Kopfhärte wegen nahezu die Vortheile der Stahlkopfschiene und hat vor dieser den Vorzug, dass der Kopf vorzüglich mit seinem Stege verschweisst ist, was bei der Stahlkopfschiene nicht immer der Fall zu sein scheint. Ferner ist zu erwähnen, dass kaltbrüchiges Eisen zu den billigsten Eisenarten zu zählen ist. Vierjährige Verwendung von Kaltbruch-Kopfschienen auf sehr frequenten Bahnstrecken haben äusserst befriedigende Resultate ergeben.

Da, wo es sich darum handelt, den Eisenbahnschienen eine sehr grosse Widerstandsfähigkeit zu geben, wendet man vielfach Feinkorn-Kopfschienen oder Puddelstahl-Kopfschienen an.

Von mehreren Technikern wird als bedenklich hervorgehoben, zur Schienenfabrikation überhaupt Eisen von zweierlei Beschaffenheit zu verwenden, weil die Schweisstemperatur bei körnigem Eisen eine andere ist, als bei sehnigem, und deshalb das erstere entweder überhitzt, oder das letztere unter der Schweisshitze verarbeitet werden muss; diese Schwierigkeiten — mehr theoretischer Natur — möchten doch nicht so hoch anzuschlagen sein, dass man zur Schienenfabrikation nur ein ganz homogenes Eisen nehmen dürfte, denn die bisherigen Erfahrungen sprechen dafür, dass selbst bei verschiedener Textur des Eisens eine gute Schweissung erzielt werden kann; die neuere Walzwerktechnik ist bereits so weit gekommen, dass auf mechanischem Wege eine dauernde Verbindung zwischen Stahl und Eisen herbeigeführt werden kann.

Jedenfalls ist die Idee, Eisenbahnschienen aus weichem sehnigem Fuss und hartem Stahlkopf zu bilden, eine durchaus rationelle, aber bei Anwendung von Puddelstahl sind so häufig Fehler in diesem Material (z. B. Blasenbildungen und rohe Stellen) zu Tage getreten, die, wenn es sich um Massenproduktion handelt, sich nur sehr schwer beseitigen lassen; aus diesem Grunde verwendet man in neuester Zeit zur Fabrikation von Eisenbahnschienen Gussstahl und zwar vorherrschend Bessemerstahl, in Frankreich Martinsstahl.

Bei der Fabrikation von Gussstahlschienen verwendet man meistens sechseckige Gussstahlblöcke von solchen Dimensionen, dass ein Block

mehrere Schienen liefert, und müssen deshalb diese Blöcke vor dem Auswalzen in passende Stücke zerlegt werden.

Die Bessemerstahlschienen nützen sich freilich wegen ihrer homogenen Textur wenig und dabei ungemein gleichmässig ab, ohne „Druckflecken“ (Spaltungen resp. Längsrisse) und ohne „Stauchbärte“ zu bekommen; nur auf stark betriebenen Bremsstrecken und in starken Kurven kommt es vor, dass etwa papierbogenstarke Abblätterungen in folge der starken Reibung bemerkt werden können.

Dieses Material würde deshalb nichts zu wünschen übrig lassen, aber es besitzt leider die Eigenschaft, bei geringen Einrissen, auch wenn dieselben der unscheinbarsten Art sind, selbst unter verhältnissmässig geringen Einwirkungen wie Glas zu zerspringen; diese Sprödigkeit ist mehr oder weniger bedingt durch Beimengungen von Silicium und Phosphor, die sich freilich nur durch eine chemische Analyse nachweisen lassen.

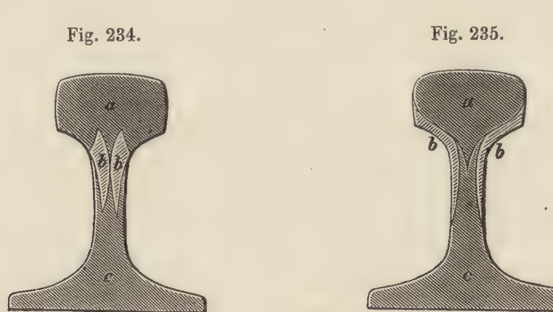
Bei dem massenhaften Verbrauch an Bessemerstahl könnte leicht ein fühlbarer Mangel daran eintreten, wenn zur Fabrikation der Bahnschienen nur Bessemerstahl verarbeitet würde, deshalb erscheint es vor allen Dingen für unsere gegenwärtigen Bedürfnisse „ökonomisch“ Bessemerstahl-Kopfschienen mit sehnigem Fuss und Steg anfertigen zu lassen; trotz aller Bedenken gegen das Verarbeiten nicht homogener Eisensorten zu Bahnschienen ist es der Marienhütte in Sachsen, der Maxhütte in Bayern gelungen, vorzügliche Resultate in diesem sehr wichtigen Fabrikationszweige unserer heutigen Eisenbahntechnik zu erringen; das Gelingen der Fabrikation von Bessemerstahl-Kopfschienen mit sehnigem Fuss und Steg hängt freilich hauptsächlich von der durch Erfahrung und durch Versuche gefundenen Zusammensetzung der Packete ab, und handelt es sich beim Schweissprozess darum, dass der Bessemerstahlblock zur Bildung des Kopfes, die abgeschweissten Eisenstäbe zur Bildung des Fusses, das Kaltbrucheisen zum Schutze des Stahlblockes im Schweissofen und zur Vermittelung der Schweissung, endlich auch die gewöhnlichen Eisenluppen so zusammengeschichtet werden, dass sie nach normal durchgemachtem Schweissprozess so genau durchgewalzt werden, dass jedes Material die beabsichtigte Lage annimmt; die umstehende Figur 234 zeigt den Querschnitt von Bessemerstahlkopfschienen, wie solche in der Maxhütte bei Haidhof fabrizirt werden und sich vorzüglich bewährt haben; Figur 235 ist eine Bessemerstahlkopfschiene der Marienhütte.

Man prüft wohl die Eisenbahnschienen in der Weise, dass man untersucht, ob sie in kaltem Zustande bei einer freitragenden Länge von 1 Meter in der Mitte eine Belastung von 200 Zentnern 24 Stunden lang zu tragen im Stande sind, ohne dadurch eine bleibende Durchbiegung zu erleiden; eine Durchbiegung von 4,8 Centimeter über den Kopf darf weder Brüche noch Risse erzeugen.

Gute Schienen sollen nicht eher unbrauchbar sich erweisen, bis nicht

3,000,000 Axen über dieselben gefahren sind, oder bei einer Zugstärke von durchschnittlich 50 Axen, wenn 60,000 Lokomotiven über dieselben gingen. Soll die Anzahl der Jahre als massgebend betrachtet werden, so lässt sich die Dauer der Schienen nur sehr approximativ auf 5 bis 8 Jahre annehmen.

Fig. 234. Fig. 235.



Einen interessanten Bericht hat die Verwaltung der Köln-Mindener Eisenbahn über die Abnützung der Eisenbahnschienen veröffentlicht, dem wir folgende Mittheilungen entnehmen:

„Von ganz besonderem Interesse ist die Dauer der seit 1868 verwendeten Schienen von Bessemerstahl, und ist auf deren Verhalten besondere Achtsamkeit verwendet worden. Nach den bis Ende 1876 gemachten Zusammenstellungen sind von 514,801 Stück Schienen aus Bessemer Stahl schon vor dem Einlegen in das Geleis 251 Stück, also 0,049 pCt. gebrochen und daher überhaupt nicht verlegt worden. Von verlegten Schienen sind seit 1868 im Ganzen 1935 Stück = 0,376 pCt. des Bestandes unbrauchbar geworden, und zwar sind 1204 Stück durch das volle Profil, sowie 227 Stück durch die Laschenlöcher gebrochen, und 504 Stück auf sonstige Weise unbrauchbar geworden.

Hierbei ist aber darauf hinzuweisen, dass während im Jahre 1874 : 738 Stück unbrauchbar sich zeigten, diese Zahl im Jahre 1875 auf 347 und im Jahre 1876 auf 310 Stück herabsank, und erklärt sich diese Erscheinung sehr einfach daraus, dass das Brechen der Schienen an den Stellen stattfindet, wo von der Fabrikation her irgend ein Fehler vorhanden gewesen ist, und dass diese fehlerhaften Stellen vor oder sehr bald nach dem Verlegen zum Bruche Veranlassung geben, und dass auf diese Weise die mangelhaften Schienen bald beseitigt werden.

Um über das Verhalten der Bessemerstahlschienen im Vergleich zu Schienen aus Puddelstahl und Eisen genaue Erfahrungen zu sammeln, sind schon im Jahre 1864 auf einer der frequentesten Strecken, beim Bahnhofe Oberhausen, Schienen aus verschiedenen Materialien und Werken neben einander verlegt und sind durch diese Probestrecken bis Ende 1876 die in nachfolgender Tabelle zusammengestellten Resultate erzielt:

Bezeichnung der Schienenart Kaliber IV à 5650 mm.	Ende 1864 wurden eingelegt: Stück	Ende 1876 lagen noch: Stück	Mithin wurden in 12 jährigem Zeitraum ausgewechselt: Stück	pCt.
Feinkornschienen von Friedr. Wilh. Hütte in Troisdorf . . .	150	29	121	80,66
Cementirte Schienen v. Phönix	150	48	102	68,00
Puddelstahlschienen v. Funke & Elbers in Hagen	12	8	4	33,33
Puddelstahlschienen v. Eberh. Hösch & Söhne in Lendersdorf .	12	8	4	33,33
Bessemerstahlschienen v. denselben	149	142	7	4,70
Bessemerstahlschienen v. Fr. Krupp	147	141	6	4,08
Bessemerschienen vom Hörder Verein	150	148	2	1,33

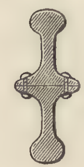
Während nach 12jähriger starker Abnutzung von den verlegten Feinkornschienen 80,66 pCt., von den eisernen cementirten Schienen 68,00 pCt. und von den Puddelstahlschienen 33,33 pCt. ausgewechselt werden mussten, sind von den Schienen von Bessemerstahl im Durchschnitt 3,36 pCt. unbrauchbar geworden. Dabei wurden Eisen- und Puddelstahlschienen zum überwiegend grössten Theil durch Zerdrücken und Zerquetschen des Kopfes in folge der mangelhaften Schweissnäthe der Packetirung unbrauchbar, während die aus einem Gussblocke erzeugten Bessemerstahlschienen diese Fehler nicht zeigen können, vielmehr in der überwiegenden Mehrzahl in folge einer allmäligen Abnützung durch die überrollenden Räder zu Grunde gehen werden.

Um über dieses Mass der Abnützung und die davon vorzugsweise bedingte Dauer der Schienen ein Urtheil zu gewinnen, ist die jetzige Höhe einer Anzahl von Schienen jeder Probestrecke an 4 Stellen gemessen und ergiebt sich nach einer 12jährigen Benützung folgende durchschnittliche Verminderung der Höhe der Schienen:

Bezeichnung der Schienen.	Durchschnittl. Abnutzung der Höhe des Kopfes mm.
Eiserne cementirte Schienen von Phönix	4,44
Puddelstahlsch. von Funke & Elbers und E. Hösch Söhne	4,72
Bessemerstahlsch. von E. Hösch Söhne	5,22
Bessemerstahlsch. von Fr. Krupp	5,18
Bessemerstahlsch. vom Hörder Bergwerks- und Hütten-Verein	4,18

Die durchschnittliche Abnützung der sämmtlichen Probeschienen aus Bessemerstahl beträgt hiernach 4,86 mm. Da nun auf dieser Bahn seit dem Einlegen der Probeschienen im Jahre 1864 auf jenem Geleise rund 6,500,000 Axen in Güter- und Personenzügen befördert sind, so kommen demnach auf den Millimeter Abnützung der Bessemerstahlschienen in ihrer Höhe rund 1,340,000 Axen. Es sind das für die Bessemerstahlschienen ausserordentlich günstige Resultate, welche für die Herabminderung der Unterhaltungskosten der Köln-Mindener Bahn um so mehr ins Gewicht fallen, als von der Gesammtlänge der Bahn = 2268, 26 Kilometer schon 1696,27 Kilometer aus Schienen von Bessemerstahl hergestellt sind."

Fig. 236.



Eisenbahnschienen werden auch häufig beim Hochbau als Ersatz für die doppelt T-Träger verwendet, und erhält man Träger von sehr grosser Tragfähigkeit, wenn man 2 Schienen mit ihren Füssen an einander nietet, wie dies die nebenstehende Fig. 236 verdeutlicht.

Alles Stabeisen soll äusserlich gleichmässig reine Flächen und scharfe Kanten ohne Querrisse besitzen; unganze Stellen, Schuppen, rauhe Flächen und Längenrisse lassen auf ein unreines Produkt schliessen. Eine spiegelnde glatte Aussenfläche zeigt, dass der Stab auf nasser Bahn des Amboses überschmiedet worden ist, wodurch das Material etwas spröder wird. Zu kalt gewalzte Stäbe erhalten eine unansehnliche rothe Farbe von eingedrücktem Glühspan. Stab- und Bandeisen mit kleinen Querschnitten sind bei gutem äusserem Ansehen, ihrer dünnen Ausarbeitung wegen, als fehlerfrei zu betrachten; bei grossen Querschnitten jedoch ist immerhin noch die Möglichkeit vorhanden, dass das Stabeisen Fehler besitzt, die man dann wohl durch Wurf-, Fall- oder Biegungsproben nachweisen kann; im ersteren Fall wird der zu prüfende Eisenstab auf einen scharfrückigen Ambos geworfen, im zweiten Falle wird der zu prüfende Stab in der Mitte hohl gelegt und den Schlägen eines Hammers oder dem Stoss eines fallenden Gewichtes ausgesetzt. Durch solche Proben überzeugt man sich, ob man es mit kaltbrüchigem Eisen zu thun hat. Bei der Biegungsprobe soll das Eisen, zu 90° auf- und niedergebogen, nicht sofort Bruchstellen zeigen; hartes Eisen giebt beim Biegen ein knisterndes Geräusch und vibrirt, beim weichen Eisen ist dies nicht der Fall. Die so erhaltenen Bruchstellen sind gewöhnlich sehnig und verrieben; eine reine Bruchfläche erhält man, wenn man den Stab vor dem Biegen mit einem scharfen Meissel an der Biegungsstelle einhaut. Bricht hierbei der Stab glatt ab, ist der Bruch glänzend, grobkörnig und bläulich weiss, so ist das Eisen kaltbrüchig, bei gelblichweisser Farbe ist das Eisen verbrannt: Lichtgrauer feiner körniger Bruch deutet auf hartes Eisen; dunkelgrauer matter und kurz faseriger Bruch deutet auf Faulbruch; feine, lange mattglänzende lichte Faser deutet auf gutes Eisen. Ungleicher Bruch, theils körnig, theils sehnig deutet auf Rohbruch.

Am sichersten jedoch ist das Stabeisen in bezug auf seine Güte durch einen geübten Arbeiter durch Meissel, Drehstahl und Feile zu beurtheilen; gutes Eisen giebt auch beim Hobeln lange, zähe Spähne und auf der bearbeitenden Oberfläche treten etwaige unganze oder ungleich harte Stellen sichtbar hervor; durch die heisse Probe d. h. beim Verhalten im Schmiedefeuer prüft man am Schmiedeeisen die Rothbrüchigkeit, denn lässt sich der glühende Stab gut flach ausschmieden und lochen, ohne Risse zu erhalten, so ist er nicht rothbrüchig. Auch durch Aetzen mit schwacher Säure lässt sich die Homogenität des Stabeisens nachweisen, indem dadurch auf einer blank hergestellten Fläche nur dann ein Hervortreten von Streifen und Punkten sichtbar wird, wenn das Eisen nicht homogen zusammengesetzt ist.

Beim Aetzen verfährt man wohl in folgender Weise:

Auf die glatt gefeilte oder blank geschliffene Fläche bringt man die aus 1 Thl. Wasser und 1 Thl. Salzsäure bestehende Flüssigkeit, nachdem die betreffende von einem niedrigen 1 cm. hohen Wachsrand eingefasst ist; hat die Einwirkung der Säure 1 Stunde gedauert, so wird schlechtes, phosphorhaltiges Schmiedeeisen schwarz und porös erscheinen, gutes Schmiedeeisen hingegen, obwohl gleichfalls von der Säure lebhaft angegriffen, zeigt nach dem Abspülen der Aetzfläche noch die Eisenfarbe, wenn auch etwas dunkler. Unganze Stellen, Aschenlöcher und die von der Erzeugung herrührenden Schichtungslinien treten hierbei zu Tage, letztere allerdings bei dünnem Stabeisen meist wenig deutlich, da die Verquetschung der in der Masse ziemlich gleichförmigen Schichten eine weit getriebene ist[1]).

B. Stahl.

(Härtbar, mit 0,6 bis 1,5 pCt. Kohlenstoff.)

Stahl hat mit dem Roheisen die Schmelzbarkeit bei nicht zu hoher Temperatur, mit dem schmiedbaren Eisen die Schmiedbarkeit gemein; Stahl glühend in einer Flüssigkeit abgekühlt erhärtet, während dies beim Schmiedeeisen gar nicht oder nur in geringem Grade der Fall ist.

Die Fabrikation des Stahls zergliedert sich:

in die Fabrikation von Schweissstahl und

in die Fabrikation von Flussstahl.

Der Schweissstahl wird gewonnen:

---

[1]) Der Ingenieur Martens in Berlin hat es unternommen, die verschiedenen Eisenarten einer mikroskopischen Untersuchung zu unterwerfen; die Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure bringt im Jahre 1878 in drei Abschnitten, unterstützt durch zahlreiche, theils kolorirte mikrosk. Bilder einen Theil der noch nicht abgeschlossenen Arbeit.

a) direkt aus den Eisenerzen (Rennprozess),
b) durch Entkohlung des Roheisens (Stahlfrischen),
c) durch Kohlung von Schmiedeeisen (Cementiren).

Der Flussstahl wird gewonnen:

a) durch oxydirendes Schmelzen von Roheisen (Bessemer),
b) durch Schmelzen des Roheisens mit oxydirenden Zuschlägen,
c) durch Entkohlung des Roheisens mittelst Schmiedeeisens (Siemens-Martin-Prozess),
d) durch Kohlung von Schmiedeeisen (Wootz Stahl)

Die Gewinnung von Schweissstahl direkt aus den Eisenerzen wird noch heute in Südfrankreich, Spanien und Korsika in Herdöfen oder kleinen Schachtöfen (Stücköfen) betrieben. Derartigen Herdstahl nennt man Wolfsstahl, solchen aus Stück- oder Blauöfen Blase- oder Ofenmundstahl. In neuester Zeit hat Chenot Stahl direkt aus Erzen gewonnen, indem er dieselben durch Glühen mit Kohle und Kohlenoxydgas reduzirt und das schwammförmige, theilweise gekohlte Eisen mahlt, zu Zylindern presst und diese mit dem erforderlichen Kohlenzusatz in Tiegeln umschmilzt; wenn auch in dieser Beziehung gelungene Resultate vorliegen, so möchte doch diese Methode schon ihrer Kostspieligkeit und der unsicheren Resultate wegen in der Praxis keinen Eingang finden.

Der Schweissstahl ist in chemischer Beziehung wenig von den weissen Roheisenarten verschieden, und eignet sich namentlich das Spiegeleisen und auch das gute gare oder halbirte Roheisen insofern zur Schweissstahlfabrikation, wenn man den Frischprozess zu verzögern sucht und ihn im geeigneten Momente ganz unterbricht; weiter ist darauf hinzuwirken, dass sich aus dem Roheisen alle Verunreinigungen ausscheiden und eine zu weit gehende Entkohlung, wie dies beim Schmiedeeisen der Fall, vermieden wird. Dies erreicht man durch geeignet eingerichteten Frischherd, richtige Windführung, nur schwach oxydirend wirkende leichtflüssige Schlacken und zweckmässig entsprechende Manipulation. Am geeignetsten zur Rohstahlfabrikation ist ein reines manganhaltiges, starkgekohltes Roheisen; in Steyermark verfrischt man vorzugsweise blumige Flossen, daneben auch wohl Spiegeleisen und grossluckige Flossen, andern Orts wird auch halbirtes oder gares graues Roheisen verarbeitet. So verschieden auch in den einzelnen Ländern das Stahlfrischen betrieben wird, so ist doch immer dahin zu wirken, dass aus dem niedergeschmolzenen Roheisen Silicium und Mangan ausgeschieden wird und die Umwandelung von Graphit in chemisch gebundenen Kohlenstoff vor sich geht; das reine manganhaltige und kieselarme Spiegeleisen erlangt dabei leichter, halbirtes und graues Roheisen mit grösserem Silicium- und Graphitgehalte schwieriger die Gare. Nach Lan's Untersuchungen gehen bei der Umwandelung des Roheisens in Stahl zunächst vorwiegend fort Silicium und Mangan, während der Graphit sich in chemisch gebundenen Kohlenstoff umwandelt, und die relative Kohlenstoffmenge eher zu-

als abnimmt; dann vermindert sich beim Roh- und Garfrischen unter weiterer Ausscheidung von Silicium und Mangan auch der Kohlenstoff, der Phosphor verschwindet leichter, der Schwefel nur ganz allmälig, etwa vorhandenes Kupfer konzentrirt sich dagegen im Stahl. Das Produkt der Rohstahlerzeugung durch einen der verschieden betriebenen Frischprozesse ist Rohstahl bei verschiedener Güte und verschiedener chemischer Zusammensetzung.

Das Herstellen des Rohstahls durch Herdfrischen ist in neuerer Zeit namentlich in Deutschland, Belgien, England und Frankreich durch den Puddelprozess verdrängt worden; Lohage und Bremme waren es, denen es im Jahre 1850 gelang, in regelmässigem Betriebe Puddelstahl herzustellen.

Weisses Roheisen wird wohl auch, jedoch nur selten, in Glühhitze zwischen Quarzsand in Kästen geglüht, wobei die eingeschlossene Luft entkohlend wirkt. Solch entkohltes Roheisen giebt in Tiegeln umgeschmolzen den sogenannten Tunnerschen Glühstahl. Verwandt hierzu ist das schmiedbare Gusseisen, das auf Seite 29 nähere Besprechung gefunden hat.

Durch Kohlung von Schmiedeeisen wurde der sogenannte Cement- oder Brennstahl schon zu Ende des 17. Jahrhunderts in Frankreich und den Niederlanden angefertigt und Réaumur erörtert in seinen Werken die Brennstahlbereitung; Schweden und England haben das Stahlbrennen weiter vervollkommnet, in Deutschland fand es erst vor 35 Jahren Eingang, und waren es hauptsächlich Westphalen und Oesterreich, wo die Cementstahlbereitung in grösserem Stil betrieben wurde. Grosse Kästen von feuerfestem Material werden in abwechselnden Schichten mit Stabeisen und Cementirpulver gefüllt und 5—10 Tage lang im Flammofen geglüht. Die anzuwendende Temperatur ist bis zur hellen Rothglut (1173° C,) zu steigern.

Das hier zu verwendende Stabeisen soll womöglich von gleichmässiger harter und dichter Beschaffenheit sein und frei von fremden Beimengungen möglichst rein; das Herdfrischeisen wird für bessere Stahlsorten dem Puddeleisen vorgezogen. Als Cementirpulver verwendet man grobgepulverte Holzkohlen, wobei man lieber Laubholzkohlen als Nadelholzkohlen wählt.

Bei der Cementation verliert sich allmählig die Stabeisentextur und geht in ein mehr oder minder feinkörniges Gefüge von weissgrauer Farbe über, welche um so dunkler ausfällt, je weiter die Kohlung — die von Aussen nach Innen dringt — voranschreitet. Durch fortgesetztes Glühen erhält man ein Stabeisen, so kohlenstoffreich, dass es beim Schmelzen in Roheisen sich verwandelt. Um den Cementationsprozess zu beschleunigen, setzt man dem Kohlenpulver Zuschläge von Alkalien bei, um die Bildung von Cyan zu erwirken; denn vielfache Versuche haben ergeben, dass die gasförmigen Kohlenstoffverbindungen, und in erster Reihe das Cyangas

bei der Kohlung eine Hauptrolle spielen, während die Einwirkung des festen Kohlenstoffs nur von untergeordneter Bedeutung ist; die Zusammenstellung der verschiedenen in Vorschlag gebrachten Cementirpulver ist auf diesen Umstand gerichtet, und würden Beigaben von kohlensaurem Baryt, Horn, Lederabfällen, thierischer Kohle, Blutlaugensalz am kräftigsten wirken, werden aber, da sie nicht in hinreichenden Mengen zu haben und demnach sehr theuer sind, in der Praxis nicht angewendet; man begnügt sich daher, dem Cementirpulver Russ, Holzasche, Kochsalz oder Kalk und rohe Soda beizusetzen.

Die rohen Cementstäbe sind, wenn sie langsam im Ofen erkalten, nicht wesentlich härter als das ursprünglich angewendete Stabeisen, vom rothglühenden Zustande aber im Wasser schnell abgekühlt, erlangen sie Sprödigkeit und Härte, ihre Oberfläche aber ist rauh geworden, und namentlich sind es Blasenbildungen, die dem rohen Cementstahl so charakteristisch sind, dass er davon den Namen Blasenstahl erhalten hat.

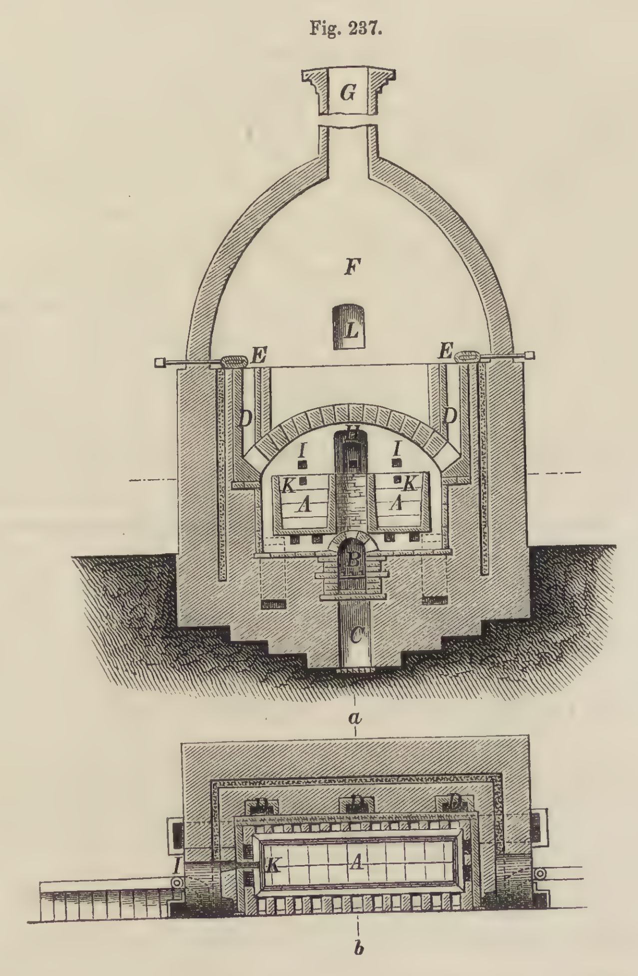
Ein zum Cementiren verwendeter Ofen ist in Figur 237 dargestellt: A, A sind zwei Kisten zur Aufnahme der Eisenstäbe und des Cementirpulvers, und müssen diese selbstverständlich aus feuerfestem Steinmaterial hergestellt sein; zwischen den beiden Kisten befindet sich die durch ein Gewölbe überspannte Feuerung B mit dem Aschenfalle C, dieselbe ist so eingerichtet, dass die Kisten von allen Seiten von den Verbrennungsgasen umströmt werden können, oberhalb ist der Cementirraum mit einem feuerfesten flachen Gewölbe überbaut, und sind auf dessen Längsseiten verschiedene Zugessen D mit Schieber E angebracht, um die Hitze gleichmässig zu vertheilen, die dann weiter durch den Essenmantel F nach der Esse G abgeleitet wird. Bei H ist eine Einsteigöffnung, die zum Beschicken und Entleeren der Kisten nothwendig ist, während des Brandes aber zugemauert wird; beim Vermauern bringt man hier ein verschliessbares Schauloch an, um den Gang des Feuers beobachten zu können. Die Löcher I dienen zum Ein- und Ausbringen der Cementstäbe, die kleinern Löcher K, in den Kisten sich befindend, zum Ziehen von Probestangen während des Brandes, um die Operation zu kontroliren. L ist eine mit verlorner Mauerung geschlossene Oeffnung zur Vornahme von Reparaturen des Essenmantels.

Da der Rohcementstahl niemals ganz gleichmässig ausfällt, so muss er sorgfältig sortirt werden; am sichersten geschieht das Sortiren vor dem Ueberschmieden der Stäbe, indem an der unveränderten Bruchfläche ungleichartige Stellen deutlicher wahrgenommen werden können. Ein grosser Theil des produzirten Cementstahls wird, ehe er in den Handel kommt, nochmals einem Schweissfeuer ausgesetzt und dann unter Hämmern oder Walzen zu den üblichen Dimensionen ausgereckt, wodurch er eine gleichmässige Struktur annimmt und zugleich an Schweissbarkeit gewinnt; noch besser ist es den Blasenstahl durch Umschmelzen in Tiegeln homogen zu

machen, und nennt man solches Fabrikat wohl Tiegelgussstahl oder Huntsmannstahl.

Was den Flussstahl anbetrifft so entsteht er — wie dies beim Flusseisen bereits des Nähern auseinander gesetzt wurde — durch den sogenannten Bessemer Prozess, hierbei wird vorherrschend geschmolzenes

Fig. 237.



graues Roheisen mit 3—4 pCt. Kohlenstoff und 2—3 pCt. Silicium in Konverter in 10—20 Minuten durch stark eingepresste Gebläseluft bis auf den nothwendigen Kohlenstoffgehalt reduzirt (schwedisches Verfahren), oder es wird bis zur völligen Entkohlung und über diese hinaus behandelt, und dann kohlenstoffreiches, flüssiges Spiegeleisen zugesetzt (englisches Verfahren).

Eine grosse Schwierigkeit bei der Fabrikation von Bessemer-Stahl besteht wie bei jeder Gussstahlfabrikation in der Herstellung fehlerfreier Güsse; um fertige Handelswaare darzustellen, werden die Gussblöcke einer weiteren sorgfältigen Bearbeitung unterworfen. Dieselben erhalten zu diesem Zwecke in einem Flammofen eine die ganze Masse gleichmässig durchdringende Hitze, welche entsprechend der jedesmaligen Stahlqualität bei den härtesten Sorten kaum die Rothglut überschreiten und nur bei den weichsten Sorten die Schweisshitze erreichen darf. Die erste Verdichtung geschieht unter schwerem Hämmern, worauf man in mehreren Hitzen, ohne dass eine Packetirung nothwendig ist, die vorgeschmiedeten Stücke unter leichterem Hämmern oder Walzen zu den gewünschten Dimensionen ausreckt oder auch wohl unter hydraulischen Presshämmern in eine bestimmte Form bringt. Das Sortiren geschieht gewöhnlich, wie auch bei andern Stahlsorten, auf empirischem Wege nach dem Bruchansehen des rohen oder zu Stäben ausgereckten Materials, sowie nach dem Verhalten beim Erhitzen und Härten. Auf den schwedischen Hütten hat man die kolorimetrische Probe von Eggertz eingeführt, welche insofern vortheilhaft ist, als man dabei nicht von der Uebung der Stahlprobirer abhängt. Die Stahlsorten werden danach mit verschiedenen auf ihren Kohlengehalt bezüglichen Nummern bezeichnet. Beispielsweise entspricht zu Siljanfors No. 1 = 2 pCt., No. 2 = 1,5 pCt., No. 4,5 = 0,25 pCt. Kohlenstoffgehalt. Letztere Nummer ist bereits hartes Schmiedeeisen, welches sich nach dem Härten nicht mehr, ohne dass es sich krümmt, abschlagen lässt.

Die Darstellung von Flussstahl durch Schmelzen von Roheisen mit oxydirenden Zuschlägen (Salpeter, Spatheisenstein, Braunstein, Magnet- und Titaneisenstein) wurde in der Weise betrieben, dass man dünn gegossene Roheisenstäbe in Schichten mit gepulverten Metalloxyden in feuerfeste Kästen packt und mehrere Tage glüht. Das Roheisen wird nach und nach in Stahl umgewandelt und findet hierbei eine Cementation statt, die in entgegengesetzter Weise wie bei der Cementstahlbereitung wirkt und statt einer Kohlenstoffzuführung eine Entkohlung herbeiführt. Solche Glühstahl- oder Homogenstahl-Produktion beanspruchte aber eine zu lange Zeit, lieferte ein zu wenig gleichmässiges Produkt und fand deshalb keine weitere Verbreitung.

Uchatius schmilzt beispielsweise 100 Theile granulirtes Roheisen, 25 Theile Spatheisensteinpulver, 1,5 Theile Brauneisenstein, dem er für halbharten Stahl 12,5 Theile Stabeisen, für weichen 20 Theile Stabeisen zusetzt. Dies Verfahren wurde in Deutschland, England, Frankreich und Schweden zur Anwendung gebracht; es erheischt aber Rohmaterialien von vorzüglicher Reinheit, um befriedigende und sichere Resultate zu erzielen; nur in Schweden, wo der Magneteisenstein in Massen und in vorzüglicher Reinheit zu haben ist, hat sich das Verfahren von Uchatius erhalten.

In Russland verwendet man zur Fabrikation von Säbelklingen, Kürassen,

Gewehr- und Kanonenläufen einen Stahl, der gewonnen wird durch Zusammenschmelzen von weissem Roheisen mit Stahl- und Eisenabfällen, Magneteisenstein, Titaneisen, weissem Arsenik und Thon oder auch nur aus Roheisen mit Magneteisenstein und weissem Arsenik.

Die Idee, durch Zusammenschmelzen von kohlenstoffreichem Roheisen und kohlenstoffarmem Stabeisen Gussstahl herzustellen, ist schon von Karsten als für gewisse Zwecke empfehlenswerth bezeichnet worden; auch in neuerer Zeit hat man unter verschiedenenen Modifikationen dies Verfahren namentlich zu Murau (Steyermark), Hagen und Kihlafors (Schweden) zur Herstellung von Stahl (homogenes Patenteisen) angewendet; zu dieser Operation eignet sich nur ein sehr kohlenstoffreiches, im übrigen sehr reines Roheisen, am besten das Spiegeleisen. Diese Methode erlangte jedoch erst ihre volle Bedeutung durch den Siemens' Erz- und Landorn-Prozess, bei welchem im Flammofen mit Regenerativgasfeuerung Bessemer-Roheisen mit Abfalleisen eingeschmolzen und wiederholt mit Magneteisenstein, zuletzt mit Spiegeleisen oder manganreichem Eisen (Ferromangan) versetzt wird.

Bei dem gegenwärtig sich herausgebildet habenden Siemens-Martin Prozess schmilzt man Roheisen im Flammofen mit Regenerativfeuerung, setzt stark glühende Stahl- und Eisenabfälle unter Umrühren zu, treibt den Prozess bis zur völligen Entkohlung und über diese hinaus, und setzt dann die erforderliche Menge Spiegeleisen oder Ferromangan zu.

Dieser Prozess der vor dem Bessemern so manche Vortheile besitzt, hat schnelle und allgemeine Verbreitung gefunden.

Der indische Stahl (Wootz) wird gewonnen, indem man aus den Erzen Eisenluppen erzeugt, dieselben zu Stangen ausschmiedet, diese in kleine Stücke zerbricht; in kleinen Tiegeln von ungebranntem Thon werden dann die zerbrochenen Eisentrümmer unter Zumengung von trockenen Holzspänen und grünen Blättern verschiedener Pflanzen eingeschichtet, und nachdem die Tiegel selbst durch eingestampften Thon oben geschlossen sind, werden sie in einem Gebläseofen dem Schmelzprozesse unterworfen; der auf diese Weise gewonnene Stahl wird dann einer weiteren sehr sorgfältig durchgeführten mechanischen Bearbeitung unterworfen und zeichnet sich, wie bekannt, durch vorzügliche Qualität aus, sowie durch seine schöne Damaszirung.

Die Gussstahlfabrikation aus Stabeisen ist in Europa auch in der Weise versucht worden, dass man dahin trachtete, dem Fabrikat einen bestimmten Härtegrad zu geben, indem man Stabeisen mit verschiedenen Mengen von Kohlenstoff verschmolz. Nach Clouet soll dem Stabeisen ein Kohlenzusatz von $^1/_{20}$ bis $^1/_{30}$ gegeben werden, nach R. Mushet höchstens $^1/_{70}$; Bréant verwendete auf 100 Theile Stabeisen 2 Theile Lampenruss.

Mehrfach hat man versucht, den Stahl mit kleinen Mengen anderer Metalle zu verbinden und ihn dadurch zu verbessern. Ein Zusatz von Braunstein, Kochsalz und Thon wirkt auf das Stahlfrischen günstig

ein, ohne dass in dem so bereiteten Stahl ein Mangangehalt nachzuweisen ist. Dennoch hat man dem Gussstahl direkt Mangan zugesetzt, und in England soll es allgemein üblich sein, den Stahl mit Braunstein und Kohlenpulver zu schmelzen.

Nickel soll die Härte und Tauglichkeit des Stahls zu den feinsten Schneidewerkzeugen erhöhen. Stahl mit 1 — 1 1/2 pCt. Chrom ist gut schmiedbar und giebt treffliche Messerklingen.

Titanstahl mit nur 1/25 bis höchstens 5/8 pCt. Titan soll eine besondere Härte zeigen, auch Wolframstahl mit 1—3 pCt. Wolfram zeichnet sich durch grosse Festigkeit aus, bekommt aber beim Härten leicht Sprünge.

Silberstahl mit höchstens 1/5 pCt. Silber soll die vorzüglichsten Messer liefern, doch ist man zu der Ueberzeugung gekommen, dass nicht der geringe Silberzusatz sondern das wiederholte Umschmelzen den Stahl verbessert. Der schon erwähnte Wootz- oder indische Stahl, der sich durch Härte und verhältnissmässig grosse Zähigkeit auszeichnet, ist von verschiedener Zusammensetzung und enthält in 100 Theilen bis 9,4 Th. Nickel, 0,1 Th. Wolfram, 0,22 Th. Mangan, öfters etwas Silicium; ihn künstlich nachzubilden ist ohne Erfolg geblieben.

R. Mushet, der früher einen sehr gesuchten Titanstahl fabrizirte, stellt in neuerer Zeit einen viel gerühmten Werkzeugstahl her, der nach angestellten Analysen gegen 9,988 pCt. Wolfram und gegen 1,043 pCt. Mangan und 1,239 pCt. Kohlenstoff enthält[1]). Mushet's Spezialstahl besitzt in ungehärtetem Zustande eine solche Härte, dass er selbst von einer guten englischen Feile nicht angegriffen wird; wenn man ihn aber auf gewöhnliche Weise zu härten versucht, wird er weich und ist dann von der Feile angreifbar; künstliches Härten ist bei diesem Stahl um so weniger zulässig, da er dabei rissig wird. Werkzeuge von Spezialstahl zu Hobelmaschinen, Drehstählen etc. sollen vollständig ihre Schärfe behalten, so dass sie sich durch glasartige Härte und eine Zähigkeit auszeichnen, die noch von keinem andern Material übertroffen worden ist.

Ungewöhnliche Eigenschaften werden von der Chrome Steel Comp. in Brooklyn bei Newyork dem Chromstahl zugeschrieben; in der Kälte besitzt er eine grössere Zugfestigkeit als irgend ein anderer Stahl; gehärtet wird er von keinem andern Stahl durchbohrt etc.; Gitterstäbe, die aus Eisen und gehärtetem Chromstahl bestanden und die auf der Ausstellung in Philadelphia zur Prüfung gelangten, konnten weder zersägt, noch zerbrochen werden etc.

Nach Boussingault besitzt der Chromstahl 4,29 pCt. gebundenen Kohlenstoff und 48,70 pCt. Chrom; Chromstahl wird in Nord-Amerika in 3 Hauptsorten hergestellt: No. 1 die härteste dient zu verschiedenen Werkzeugen

---

[1]) Berg und Hüttenmännisches Jahrbuch 1878 S. 205.

wie Dreh- und Hobelstähle; No. 2 zum Bohren, Fraisen, Stanzen und Walzen für Goldarbeiter; No. 3, die sogenannte Universalnummer, zu Schneidwerkzeugen aller Art[1]).

Hervorgehoben wird noch beim Chromstahl, dass er sich ohne Anwendung von Borax und Schweisssand ungemein leicht schweissen lässt[2]).

Seit dem Jahre 1868 wird auf französischen Eisenwerken Ferromangan als Ersatz des Spiegeleisens in der Bessemerstahlfabrikation dargestellt; diese Eisenmanganlegirung spielt eine wichtige Rolle in der Gussstahlfabrikation, und konnte so manches Spiegeleisen z. B. das bekannte rheinische als Ferromangan mit 7 bis 11 pCt. Mangangehalt betrachtet werden.

Auf den Eisenwerken von Terre noire in Frankreich stellt man in neuester Zeit Ferromangan bis zu 87,4 pCt. Mangan dar[3]).

Raffiniren des Stahls.

Das Produkt bei der Stahlgewinnung, ob durch Herdfrischen, Puddeln, Bessemern, Cementiren erhalten, fällt nie so gleichmässig aus, dass man dasselbe für alle Fälle unmittelbar verwenden kann, und wird es daher nothwendig, den ursprünglich gewonnenen Stahl noch einem weiteren Raffinationsprozesse zu unterwerfen, und geschieht dies entweder durch Gerben oder durch Umschmelzen; das Gerben wird entweder auf den Hütten, die den Rohstahl fabriziren, vorgenommen, oder auch erst in jenen Werkstätten, wo Sicheln, Sensen, Schneidwerkzeuge, Waffen, Feilen etc. in Massen angefertigt werden; die rohen Kolben oder Stäbe werden dabei zu feinen Dimensionen ausgereckt und in noch rothglühendem Zustande ins kalte Wasser geworfen, um sie dann leicht zerbrechen zu können. Aus diesen zerbrochenen Stäben wird dann ein Packet, Garbe oder Pauschen gebildet und mit einem dünnen Eisenreifen zusammengebunden.

Die Garbe wird dann in einem Schweissofen dem Gerbe- oder Raffinirfeuer ausgesetzt; um sie vor der entkohlenden Wirkung des Feuers zu schützen, und um das Zusammenschweissen der einzelnen Stäbe zu erleichtern, bestreut man die Garbe während des Ausheizens mit Thon, Sand oder auch mit Hammerschlag oder Frischschlacken.

Hat die Garbe die nöthige Schweisshitze erlangt, so wird sie unter den Hammer gebracht, zusammengeschmiedet und dann unter wiederholtem Hitzen zu Kolben oder fertigen Stäben ausgereckt, wozu man sich entweder der Hämmer oder der Walzen bedient.

Bei nochmaligem Gerben, wodurch man einen noch besseren Stahl ge-

---

[1]) G. Rolland, Annal. des Mines 1878 p. 152. Boussingault: Chemic. News 1878 XXXVIII No. 971 p. 8.

[2]) Engineering d. Ausgabe 1874 S. 186.

[3]) P. Jordan berichtet hierüber in der Revue industrielle 1878 S. 268.

winnt, biegt man die einmal raffinirten Stäbe in der Mitte um, setzt sie einer erneuten Schweisshitze aus und einem weiteren Durchgerben.

Nur einmal gegerbten Rohstahl nennt man Scharsachstahl; das wiederholte Gerben zeigt man auf den Stäben durch vertiefte Punkte an und nennt danach das Fabrikat Zweitupf-, Dreitupfstahl.

Durch fortgesetztes Verfeinern wird zwar der Stahl mehr und mehr homogen, aber er büsst dabei auch an Härte ein und kann total unbrauchbar werden.

Werden die Garben aus recht verschiedenartigen Materialien zusammengesetzt und zu sehr dünnen Stäben ausgereckt, wird diese Operation öfter wiederholt, werden die dünnen Stäbchen dann wohl beim Bilden der Garbe gewunden, getaucht, geknickt etc., so erhält man den sogenannten Damaststahl. Die Kunst, damaszirte Waffen zu erzeugen, hat sich von altersher bis in die neueste Zeit an verschiedenen Plätzen des Orients wie Damaskus, Ispahan, Alexandrien, Kairo, sowie in Vorderindien und Japan etc. erhalten; man verwendete dazu einen vorzüglichen Gussstahl (Wootz), den man einem äusserst sorgfältig durchgeführten, mehrmals wiederholten Gerbprozess unterwarf. Um die Zeichnungen des Damaststahles schöner vortreten zu lassen, wird derselbe nach dem Poliren in seiner Oberfläche mit schwachen Säuren gebeizt. Eine unechte Damaszirung lässt sich dadurch erzeugen, dass man polirte Stahlwaaren gewöhnlicher Art mit künstlich hergestellten und geätzten Radirungen versieht.

Die Textur des Stahls ist bei licht-grauweisser Farbe und eigenthümlich sammtartigem Schimmer um so feinkörniger und gleichartiger, je besser der Stahl ist; Rohstahl, Gussstahl und Cementstahl zeigen unmittelbar nach dem Giessen oder Cementiren ihr ursprünglich krystallinisches Gefüge; durch Bearbeiten mit dem Hammer, durch Umschmelzen und Härten wird das Korn jedoch um so feiner und lichter, je gleichmässiger die ursprüngliche Struktur des Materials war, und je grösser, bei angemessenem Hitzegrad, der Temperaturunterschied während des Ablöschens war; anhaltend hohe Temperatur, sowie Ueberhitzung machen das Korn gröber und dunkler. Lässt man den Stahl nach dem Glühen langsam erkalten, so nimmt er sein ursprüngliches Gefüge wieder an.

Was die Härte des Stahls anbetrifft, so ist er in seinem natürlichen Zustande weicher als weisses Roheisen, härter als Stabeisen, und zwar wächst seine Härte mit seinem Kohlenstoffgehalt; plötzliches Abkühlen im Wasser nach dem Glühen steigert seine Härte so bedeutend, dass er glashart wird und von der Feile nicht mehr angreifbar ist; er verliert jedoch dabei einen Theil seiner Elastizität und wird spröde und selbst weniger fest.

Ueber das Härten von Schweiss- und Flussstahl hat A. Jarolimek interessante Aufschlüsse gegeben; angestellte Beobachtungen haben ihn zu dem Schlusse geführt, dass sich der Stahl mit wenig Wasser härten lassen

muss, und der dabei entstehende Wasserdampf schnell abziehen kann. Um dieser Bedingung, dem raschen Abzuge der Dämpfe beim Härten des Stahls im Wasser, zu genügen, erweisen sich folgende Mittel für angezeigt: Langsames Eintauchen, Strahlhärtung, Spitzhärtung und endlich am meisten empfehlenswerth das Härten mit Wasserstaub, wozu Zerstäubungs-Gebläse verwendbar sind. Da solche Apparate eine Menge von Luft und feinzertheilten Wasserstäubchen liefern, die mit weit höherer Geschwindigkeit gegen den heissen Stahl stösst, so wird damit nicht allein eine rasche Verdampfung, sondern auch ein rasches Hinwegreissen der entstehenden Dämpfe bewirkt und dadurch die Möglichkeit einer ausserordentlichen und — was das Wichtigste ist — auch einer gleichmässigen Härte des Stahls gegeben[1]).

Jarolimek konstatirt weiter, dass nicht allein kochendes Wasser, sondern auch solches von 150° und mehr Temperatur, dann siedendes Oel, heissflüssiges Blei, Zinn und selbst Zink den Stahl zu härten vermag. Das Härtevermögen des Wassers übertrifft jedoch diese Metalle in hohem Grade, denn nicht blos die Temperatur und die Wärmeleitungsfähigkeit, sondern auch deren Wärmekapazität und die Höhe ihres Siedepunktes, bei niederem Siedepunkte in grösstem Masse auch der Betrag der latenten Wärme des entstehenden Dampfes sind von massgebendem Einflusse[2]).

Fr. Dietlen in Reutlingen bestätigt die obigen Beobachtungen und sagt: Dampf allein kühlt den Stahl in dem Grade ab, dass er nicht hart wird; mit einem Gemisch von Wasser und Dampf habe ich Stahlblech, sowie grössere Gewindbacken gehärtet und damit bedeutende Resultate erzielt. Das betreffende Blech wurde nur von einer Seite dem Strahle aus dem unteren Probirhahn eines Dampfkessels mit 4 Atmosphärendruck ausgesetzt; es war dasselbe dann bis zur Mitte erhärtet, während die untere Seite weich geblieben war. Die Gewindbacken waren so hart geworden, dass man sie anlassen konnte[3]).

Nach anderen Mittheilungen eignet sich besonders zum Härten kleiner Stahlwerkzeuge das Eis in vorzüglicher Weise; die damaszener Stahlklingen härtet man in einem starken Strom von kalter Luft, der durch eine schmale Spalte getrieben wird. Alle diese Methoden aber werden übertroffen durch das Härten mit Quecksilber, welches durch seine ausgezeichnete Wärmeleitung eine schnelle und gleichmässige Abkühlung ermöglicht. Bei feinen und kostbaren Schmiedewerkzeugen hat das Härten in Quecksilber ganz ungeahnte, überraschende Resultate ergeben[4]).

Eine hervorragende Eigenschaft des Stahls ist seine durch die Elasti-

[1]) Näheres in der österreich. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1876.

[2]) Dinglers Polyt. Journal 1876. Band 221 S. 436.

[3]) Der Maschinenbauer 1877. S. 59.

[4]) Bayer-Industrie und Gewerbeblatt 1877 S. 119.

zität bedingte Biegsamkeit und Federkraft, durch die er im Verein mit seiner grossen Festigkeit ausserordentlich widerstandsfähig ist.

Während im allgemeinen der härtere Stahl auch der festere ist, so nimmt doch bei zu weit getriebener Härtung seine Festigkeit ab; um ihm die zu grosse Härte aber wieder zu benehmen, unterwirft man ihn der Operation des Anlassens (Nachlassen, Ablassen).

Beim Anlassen wird der Stahl einer schwächern Erhitzung unterworfen und dann mehr oder weniger schnell abgekühlt; hierdurch lässt sich dem Stahl die für einen bestimmten Zweck geeignete Härte und Elastizität ertheilen, und ist hierzu eine verhältnissmässig nur niedrige Temperatur erforderlich.

Erhitzt man nämlich den Stahl bei Luftzutritt allmälig bis zur dunklen Rothglut, so überzieht er sich mit einer Reihe nach einander auftretender und in einander übergehender Farben, welcher Vorgang unter dem Namen „Anlaufen“ bekannt ist; er erscheint bei 220° C. blassgelb, 130° strohgelb, 255° braun, 265° braun mit purpurnen Flecken, 277° purpurfarbig, 288° hellblau, 293° C. dunkelblau, 316° schwarzblau; bei 334° zieht sich die Farbe in's Lichtblau, dann in's Grüne und verschwindet bei 360°, so dass der Stahl wieder farblos, „wasserfarbig“ wird. Setzt man die Erhitzung dann weiter fort, so wiederholen sich die Farben in gleicher Reihenfolge wie früher, nur schwächer und schneller verschwindend, bis endlich mit etwa 500° C. das Glühen beginnt. Die Anlauffarben treten um so lebhafter auf, je gleichmässiger die Textur und je schöner polirt die Oberfläche des Stahls war, und entstehen durch die Bildung eines äusserst dünnen, sich allmälig verstärkenden Oxydhäutchens.

Die gelbe Anlauffarbe in ihren verschiedenen Nüancen ertheilt man Instrumenten, welche sehr hart bleiben sollen, also namentlich allen zur Bearbeitung des Eisens und von harten Gesteinen dienenden, dann Rasirmessern, chirurgischen Instrumenten, Lanzetten, Federmessern, Grabsticheln etc., die purpurrothe meist den Instrumenten zur Holzbearbeitung, wie Aexten, Hobeleisen, auch Scheren und Tischmessern etc., die violette bis dunkelblaue Farbe erhalten Gegenstände, die zugleich Elastizität „Federhärte“ besitzen sollen, bei denen schon eine Bearbeitung mit der Feile möglich ist, wie Sicheln, Sensen-Klingen, Uhrfedern, Hand- und Lochsägen. Lässt man einen Stahlstab anlaufen, so wird derselbe, aus dem Feuer genommen, seine Farbe nicht beibehalten, sondern es findet ein „Nachlaufen“ statt, d. h. es erscheinen durch fortgesetzte Oxydation an der Luft noch die nachfolgenden Farben, bis eine genügende Abkühlung eingetreten ist; hieraus folgt, dass auf das Nachlaufen geeignete Rücksicht zu nehmen ist, und ist deshalb der Stahl — je nach Umständen — entweder, sobald die richtige Farbe im Feuer erscheint, rasch abzukühlen, oder schon früher, bei einer vorhergehenden Farbe aus dem Feuer zu nehmen, sofern durch Nachlaufen die Farbe erscheinen soll;

hierbei wird aber bei gleicher Farbe eine ungleiche Härte erzielt, da der an der Luft nachgelaufene Stahl nicht so lange im Feuer belassen wurde, demnach härter ist als der im Wasser abgeschreckte.

Die Anlauffarben werden häufig dazu benutzt, den aus Stahl gefertigten Apparaten ein gefälliges Aussehen zu geben, sie zu gleicher Zeit aber auch gegen Rost zu schützen; in diesem Fall muss, um eine gleichmässige Farbe zu erreichen, das Erhitzen beim Anlassen mit aller Sorgfalt ausgeführt werden. Kleinere Gegenstände, Schrauben, Stifte, Nadeln etc. bringt man wohl auf eine von unten erhitzte Platte, oder legt sie in eine Blechtrommel, welche nach Art der Kaffeebrenner über dem Feuer gedreht wird; Sensen und dergleichen steckt man in eine auf einer geheizten Platte ausgebreitete Lage von heissem Sand oder Hammerschlag, oder streut nur den heissen Sand darüber. Bei Säbelklingen empfiehlt sich als Unterlage ein Gusseisenstück anzuwenden, welches nach der Krümmung der Klinge gerichtet ist und zum Glühen erhitzt wird. Uhrfedern, Bandsägen werden durch drei mit rinnenförmigen Einschnitten versehene Platten hindurchgeführt, wovon die erste in einem Ofen liegt und die nöthige Hitze ertheilt, die zweite abgekühlte die Härtung, die dritte schwach erwärmte das Anlassen bewirkt.

Beim Anlassen und Härten von Stahl verwendet man wohl auch Oele und Fette, die man so stark erwärmt, dass sie einen dicken Rauch ausstossen oder bereits Feuer fangen; der in sie eingelegte Stahl wird dann entweder in der Luft oder im Wasser abgekühlt; auch Metallbäder von bestimmtem Schmelzpunkt hat man zu gleichem Zweck empfohlen; so benützt man Legirungen von Zink und Blei, deren Schmelzpunkt zwischen 221° bis 334° C. liegt, innerhalb welchem die verschiedenen Grade des Anlassens liegen.

Sollen die Anlauffarben von der Stahloberfläche entfernt werden, so beizt man dieselbe mit warmem Essig oder ganz verdünnter Schwefelsäure; wendet man dies Mittel bei der blauen Anlauffarbe an, so ändert sich diese der Reihenfolge nach in violett, roth, gelb, bis endlich die Stahlfarbe allein hervortritt; durch einen entsprechenden Deckgrund, der von der Säure nicht angegriffen wird, lassen sich die verschiedensten Zeichnungen auf den angelaufenen Stahlflächen herstellen.

Erhitzt man den Stahl bis zur Schweisswärme und löscht ihn plötzlich ab, so springt die auf der Oberfläche gebildete Oxydhaut vollständig ab. S c h w e i s s b a r wird Stahl vor dem Eintreten des Schmelzens, das nach Einigen bei 1300°—1400° C., nach Andern bei 1800°—1850° (für harten Stahl) erfolgt. Liegt die Schweiss- und Schmelzhitze beim Stahl sehr nahe bei einander, so ist er u n s c h w e i s s b a r und zerbröckelt unter dem Hammer, wie dies der Fall ist bei manchem Gussstahl, der seinem Kohlenstoffgehalt nach dem harten Roheisen nahe steht.

Beim Schweissen müssen die zusammenzuschweissenden Stücke eine

reine metallische Oberfläche haben und müssen womöglich gut aneinander passen; das Erhitzen der Theile hat schnell und unter Abschluss der Luft zu geschehen, und bedient man sich beim Schweissen der sogenannten Schweisspulver. Solche Pulver haben den Zweck, eine dünnflüssige, leicht entfernbare Schlacke zwischen den Schweissflächen zu bilden, und auch zugleich entkohlend auf das Eisen einzuwirken; häufig dient hierzu Sand oder Lehm, die man in Form eines Breies auf die Schweissenden bringt, auch zerstossenes Glas, Schwerspathpulver und vor allem geschmolzener entwässerter Borax leisten hier gute Dienste; so schmilzt man wohl Borax mit $^1/_{10}$ Salmiak und setzt der glasartigen Masse die gleiche Quantität gebrannten Kalks zu.

Durch starke und andauernde Glühhitze wird der Stahl grobkörnig, mürbe und verliert zugleich, wenn der Luftzutritt nicht abgeschlossen war, mehr oder minder viel Kohlenstoff; in diesem Zustande bezeichnet man den Stahl als „verbrannt“.

Um den verbrannten Stahl wieder zu regeneriren, erhitzt man denselben einigemal bis zur Rothglut und taucht ihn dann in kochendes Wasser, wobei diese Operation, dreimal wiederholt, genügende Resultate gewährt; man verwendet zum Regeneriren auch wohl Flüssigkeiten, die künstlich zusammengemischt sind und wohl aus Harz, Thran, Hammeltalg, Rüböl, Kienruss, Blutlaugensalz, schwarzem Pfeffer, Seifenpulver etc. bestehen; in die geschmolzene Masse wird dann der Stahl, nachdem er bis zur Braunröthe erhitzt ist, eingetaucht und abgekühlt; die Hauptwirkung aller solcher Regenerationsverfahren beruht jedenfalls nur in der Temperatur, welche die Substanzen beim Heissmachen annehmen.

Wird Stahl in einer über die Schweisshitze gesteigerten Temperatur längere Zeit mit Kohlen umgeben, so nimmt er allmälig Roheisennatur an und wird gleichfalls spröde und unschweissbar.

Das Rosten des Stahls durch den Einfluss von Luft und Wasser erfolgt viel langsamer als dies beim Schmiedeeisen der Fall ist; Politur und Anlauffarben sind als Schutzmittel gegen Rost zu betrachten.

Das spezifische Gewicht des Stahls schwankt zwischen 7,5 und 8,0; gehärteter Stahl ist spezifisch leichter als weicher Stahl.

Für Prüfung der Güte des Stahls dient in erster Reihe sein Bruchansehen; hieraus lässt sich erkennen, ob die Masse gleichförmig, frei von Eisenadern und unganzen Stellen ist; Feinheit und Farbe des Korns lassen auf den Härtegrad Schlüsse zu, besonders wenn man dabei nicht nur seine chemische Konstitution, sondern auch die Art seiner vorhergegangenen Bearbeitung mit in Betracht zieht. Guter Stahl zeigt glatte und reine Oberflächen (ohne Flecken und Streifen), frei von Glühspan; Stahlstäbe ertragen ein mehrmaliges Hin- und Herbiegen nicht, sondern brechen leicht, plötzlich und kurz; guter Stahl zum Verarbeiten als Schmiedewaare muss leicht schweissbar sein und muss ein öfteres vorsichtiges Er-

hitzen vertragen, ohne dadurch zu weit entkohlt zu werden, durch Ablöschen in nicht zu hoher Temperatur grosse Härte, verbunden mit Zähigkeit und Elastizität annehmen, so dass er ohne sich leicht abzustumpfen oder abzubrechen hartes Gusseisen angreift, und bei neuem Ausglühen nach dem Härten seine frühere Weichheit wiedererlangt. Weitere Beurtheilung wird ermöglicht bei der Bearbeitung des Stahls durch Meissel und Drehbank. Etwaige Fehler des Stahls, wie Roth-, Kalt- und Faulbrüchigkeit machen sich beim Bearbeiten geltend und sind Erscheinungen, deren Wesen bereits beim Schmiedeeisen nähere Erörterung fand.

Handelt es sich darum, Gegenständen aus Schmiedeeisen eine recht harte, politurfähige Oberfläche zu geben, so verwendet man, ähnlich wie bei der Cementstahlbereitung, Materialien, die eine möglichst rasche nur wenig tief eindringende Kohlung hervorzubringen im Stande sind; ein gebräuchliches Verfahren dieser Art besteht darin, dass man die zu erhärtenden Gegenstände in zu verschliessende Blechkästen zwischen thierischer Kohle für sich, oder gleichzeitig mit Holzkohlenpulver einpackt und sie etwa eine Stunde lang im Kohlenfeuer erhitzt und dann im Wasser ablöscht. Auch unterlässt man das Einpacken in die Kästen und bestreicht nur die Eisenstücken mit den betreffenden Härtemitteln, unter welchen das cyanbildende Blutlaugensalz eine Hauptrolle spielt; hierbei wird das feingepulverte Salz auf das zur hellen Rothglühhitze gebrachte Eisen aufgestreut und, sobald es auf der Oberfläche gleichmässig zerflossen ist, in Wasser abgelöscht. Rinmann empfiehlt zur Oberflächenhärtung ein Gemisch von 12 Theilen Russ, 8 Theilen gebranntem Horn, 10 Theilen schwarzem Fluss (durch Verpuffen gleicher Theile Weinstein und Salpeter erhalten) und 28 Theilen Chlorkalium.

Das Härten von Schmiedeeisen erfolgt übrigens auch und zwar je nach der Grösse des Gegenstandes in 5 bis 20 Minuten in einem Schmelzflusse von 7 Theilen Blutlaugensalz und 1 Theil Pottasche; es bildet sich hierbei eine 1 mm. starke Schichte, die abgelöscht Stahlhärte erhält[1]).

Zum Härten von Feilen verwendet man in England ein Gemisch von 16 Theilen Kohle aus Horn-, Klauen- oder Lederabfällen, 2 Theilen Ofenruss und 1 Theil Kochsalz, aus welchem man nach Zusatz von etwas Thon oder Lehm, mit Wasser und etwas Essig oder Bierhefe einen Brei anmacht. Die Feilen werden damit überstrichen, in warmer Luft getrocknet, zur Kirschrothglühhitze erwärmt und in einer Kochsalzlösung erhärtet; worauf man sie in verdünnter Salzsäure beizt, bürstet und schliesslich nach raschem Trocknen in warmer Luft einölt. Nach Karmarsch erhärtet man die Spitzen und Schneiden von Werkzeugen, spitzen Hämmern etc., wenn man sie hellrothglühend in einen Teig steckt, der aus 1 Theil Blutlaugen-

---

[1]) Deutsche Industrie Blätter 1878 Band 5. S. 612.

salz, 1 Theil Pottasche, 2 Theilen grüner Seife und 2 Theilen Schweineschmalz besteht, und dann sogleich in Wasser abkühlt.

Nach der Verwendung des Stahls unterscheidet man Instrument-, Werkzeug- und Massen- oder Maschinenstahl.

Der Instrumentstahl ist die beste und härteste Sorte, er ist vorwiegend Cement, Gerb- und Gussstahl, dann Herdfrischstahl und Wootz.

Werkzeugstahl giebt hauptsächlich der Herd-, Puddel- und Bessemerprozess.

Massen- oder Maschinenstahl, welcher meistentheils das Schmiedeeisen ersetzen soll, ist Puddel-, Bessemer-, Martin-, Landornstahl etc. und wird verwendet in Schienen, Radkränzen, Blechen, Axen, Kanonen.

In Bessemer- und Martin-Oefen erzeugt man häufiger kohlenstoffarme Flusseisen aus eigentlichem härtbarem Stahl, welche wegen des geschmolzenen Zustandes, in dem sie gewesen, homogenere Artikel geben, als solche aus Schweisseisen der Herd- und Puddelöfen.

Zu weichen Blechen benutzt man gewöhnlich ein Martinprodukt mit nur 0,09 bis 0,08 Kohlenstoff.

Im Handel kommt der Stahl hauptsächlich vor in den Formen und Dimensionen des Stabeisens; vielfache Anwendung findet z. B. der gewalzte Federstahl, der in Gebinden zu 35—40 Kilogr. und nahezu 4—5 m. langen Bändern in den Handel kommt; die gewöhnlichen Masse in bezug auf Breite und Dicke giebt die folgende Tabelle:

breit mm.	dick mm.	breit mm.	dick mm.	breit mm.	dick mm.	breit mm.	dick mm.	breit mm.	dick mm.	breit mm.	dick mm.	breit mm.	dick mm.
36	5	40	5	42	7	46	5	48	6	54	8	60	9
36	6	40	6	42	8	46	6	48	7	54	9	60	10
36	7	40	7	44	5	46	7	48	8	54	10	60	11
38	5	40	8	44	6	46	8	48	9	54	11	60	12
38	6	42	5	44	7	46	9	54	6	60	7	100	8
38	7	42	6	44	8	48	5	54	7	60	8		

Anwendung des schmiedbaren Eisens

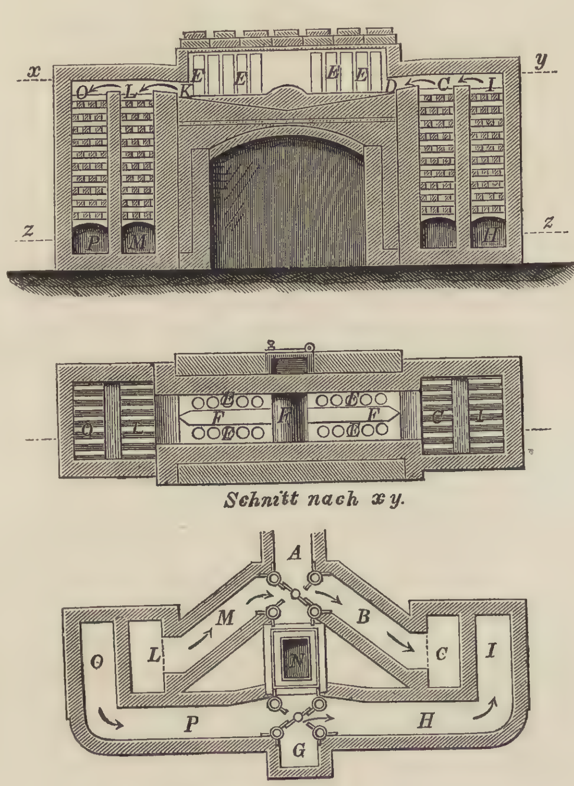
zum Guss und zu unzähligen Arbeiten für Schmiede, Schlosser, Mechaniker in Form von Stäben, Blechen, Drähten; in neuerer Zeit wird Stahl auch vielfach verarbeitet zu Eisenbahnschienen.

Eine ungemein umfassende Anwendung hat aber der Stahl in neuester Zeit erfahren durch die Fortschritte, welche in der Gussstahlproduktion von den Engländern und den Deutschen errungen wurden. Als der Er-

finder der Gussstahlfabrikation ist der englische Uhrmacher Benjamin Huntsman zu nennen (1790).

Zum Schmelzen verwendet man vorherrschend feuerfeste Tiegel, die bei Koks und Holzkohlen unmittelbar von dem glühenden Brennmaterial umgeben sind, oder bei Steinkohlen- oder Gasfeuerung, unter Trennung des Feuerraums vom Schmelzraume, nur von der Flamme umspült werden; hin und wieder wird beim Schmelzapparate Gebläseluft angewendet.

Fig. 238.



Eine hervorragende Stellung nehmen bei der Gussstahlproduktion die Schmelzöfen mit Gasfeuerung und den Siemens'schen Regeneratoren ein, die weiter durch den Schweden Lundin noch dadurch verbessert wurden, dass die im Generator erzeugten Gase vor ihrer direkten Verwendung noch durch einen Kondensator gelangen, wo sie sich mit bis zu 1000° C. erhitzten Wasserdämpfen vermengen und so einen bedeutend erhöhten Effekt erzielen.

Der viel verwendete Gasschmelzofen von Siemens, in Figur 238 dargestellt, besitzt einen für sich bestehenden Gasgenerator, aus dem regulirbar das erzeugte Gas in den Kanal A eintritt; durch die im Grundriss (Schnitt z z) angedeutete Klappenstellung gelangen die Gase durch B nach dem vorher erhitzten Regenerator C, von unten nach oben strömend und treten bei D auf den Herd. Dieser enthält zwei Reihen von Tiegeln E, durch die Steinzunge F von einander getrennt. Von der andern Seite strömt die regulirbare Verbrennungsluft nach dem Kanal G und bei der dort angedeuteten Stellung der Klappe durch den Kanal H in den erhitzten Regenerator I und dann zu den brennbaren Gasen. Hat die Flamme den Schmelzraum durchzogen, theilt sie sich bei K und zieht theils von oben nach unten durch den Regenerator L, hier ihre Hitze abgebend, und fällt schliesslich durch M nach dem zur Esse führenden Kanal N; theils geht die Flamme durch O und gelangt von dort durch P ebenfalls in den Essenkanal. Haben die Regeneratoren C und I ihre Wärme bis zu einer gewissen Grenze durch den durchstreichenden Gas- und Luftstrom verloren, die Regeneratoren L und O dagegen eine genügend hohe Temperatur durch die Verbrennungsgase angenommen, so verstellt man die Klappen so, dass die brennbaren Gase durch M L, die Luft durch P O auf der entgegengesetzten Seite des Herdes bei Q eintreten, während die Verbrennungsprodukte bei D theils nach C und B, theils nach I H zum Essenkanal N gehen. Das Ein- und Ausbringen der Tiegel geschieht durch die mit den Deckeln verschliessbaren oberen Oeffnungen des Ofens.

Zum Stahlschmelzen verwendet man verschiedene wohl sortirte Stahlsorten und versetzt dieselben nöthigenfalls mit Kohle, weissem Roheisen, Stabeisen und Gussstahlabfällen; auch reinigende, die Stahlqualität verbessernde Zuschläge finden ausgedehnte Anwendung, wie Kohlenmangan, Braunstein; der Guss erfolgt meistens in vorher angewärmte und geschwärzte Formen von Gusseisen; durch Mayer in Bochum ist jedoch in neuester Zeit der Façonguss eingeführt, wodurch es möglich geworden ist, den Stahl in analoger Weise wie das Gusseisen unmittelbar in Erdformen aus feuerfester Masse ausfliessen zu lassen; bei Herstellung grosser Güsse wird der Stahl aus einer grösseren Anzahl bereit gehaltener Tiegel in ununterbrochenem Strome nach einander in die Form eingeleitet, oder man vereinigt auch wohl die Stahlmassen in einer grösseren Gusspfanne, die ein Ablauf-Ventil im Boden besitzt.

Reine Stahlgüsse herzustellen, ist immer mit grossen Schwierigkeiten verbunden, und ist im allgemeinen darauf zu sehen, dass der Stahl gehörig flüssig aus dem Ofen komme, damit sich Gase und Schlackentheilchen in der Giesspfanne oder in den Tiegeln absondern können; der Stahl darf aber auch nicht in zu hitzigem Zustande vergossen werden. Sehr häufig besitzt Gussstahl die Eigenschaft, stark zu schwinden, weshalb er in der Gussform nachsinkt; der rasch nach dem Gusse auszuführende Verschluss

der Gussform bezweckt, die Luft abzuhalten, zugleich einen Druck auf die Masse im Innern auszuüben. Stahlgüsse sind oft sehr porös, indem der Stahl in der Hitze Gase absorbirt, welche bei eintretender Abkühlung wieder zu entweichen suchen. Um die Porosität der Güsse zu verhüten, bringt man eine geringe Menge flüssigen Roheisens in die Gusspfanne, ehe sie mit der Charge gefüllt wird; ähnlich verwendet man andern Orts ein Gemenge aus gleichen Theilen von Braunstein und Kochsalz, das, in die Stahlpfanne gebracht, eine dünnflüssige Schlacke erzeugt und in Folge dessen reine Güsse giebt.

Andere Gussfehler entstehen durch ungleichmässiges Erstarren und Schwinden des Metalls, die Güsse zeigen dann Längen-, Quer- und Bodenrisse.

Zum Giessen wird am häufigsten Puddelstahl verwendet, indem man daraus Gussstahl herstellt; in neuester Zeit spielt der Bessemerstahl in dieser Beziehung eine Hauptrolle, und findet derselbe zu Massen- und Maschinengussstahl grossartige Verwendung; eine grosse Berühmtheit haben die Krupp'schen Gussstahlkanonen erlangt, in gleicher Weise die Gussstahlglocken von Mayer in Bochum; andererseits findet Gussstahl eine ausgedehnte Anwendung im Maschinenbau, beim Dampfkesselbau und in der Baukonstruktion.

Aus Stabeisen werden unzählige Schmiedearbeiten hergestellt, es wird aber auch weiter verarbeitet zu Eisenblechen, Drähten und Nägeln.

Eisenbleche werden in zweierlei Weise fabrizirt, entweder unter Hämmern (geschlagenes Blech) oder unter Walzen (gewalztes Blech); zu ihrer Darstellung wendet man nur das weichste und zäheste Eisen an; und zwar in Gestalt breiter, nicht zu dicker Stäbe, die mittelst einer grossen, vom Wasser bewegten Schere in Stücke von angemessener Länge, in sogenannte Stürze zerschnitten werden. Bei der Darstellung von geschlagenen Eisenblechen wird ein Sturz rothglühend auf das Doppelte seiner Breite ausgeschmiedet, in der Mitte zusammengebogen, indem er 2 Blechtafeln geben soll, und dann wieder zur doppelten Breite gestreckt. 6—20 oder überhaupt so viele Stürze, als zusammen ungefähr auf einen Zentner gehen, werden nun, um das Zusammenschweissen zu verhindern, in Lehmwasser getaucht, zu einer Zange (einem Pack) aufeinander gelegt und unter fleissigem Drehen und Umwenden fertig geschmiedet, wobei sie 3—4 mal wieder ins Feuer zurückgehen. Die Vollendung giebt man den Blechen auf einem sehr breiten Ambosse unter einem langsam gehenden Hammer mit breiter Bahn, welcher die Unebenheiten ausgleicht. Bleiben solche noch von der Arbeit, so wird mit einem hölzernen Hammer nachgeholfen; dann folgt das Beschneiden der Bleche mittelst einer grossen Schere.

Beim Walzen der Bleche werden die Stürze glühend zwischen die

Walzen gesteckt, so dass die Richtung der Bewegung ihrer ursprünglichen Breite entspricht, welche nachher die Länge der Blechtafeln abgiebt. Nachdem sie bei immer engerer Stellung der Walzen mehrmals durchgegangen sind, taucht man sie in Lehmwasser, steckt zwei oder mehrere in einander und walzt sie bei abwechselndem Glühen nach und nach völlig aus. Die fertiggewalzten und beschnittenen Bleche werden noch einmal geglüht und wohl auch, um die vom Walzen entstandene Krümmung zu beseitigen, gepresst; der bei der Operation sich bildende Glühspan muss sorgfältig entfernt werden, weil er die Bleche leicht dadurch verdirbt, dass er ihre Oberfläche rauh und unganz macht.

Eisenbleche werden in verschiedenen Stärken und Grössen fabrizirt; die grössten und stärksten Sorten sind immer unverzinnt und werden im allgemeinen Schwarzbleche genannt; kleinere Sorten werden verzinnt und kommen so als Weissbleche in den Handel.

Das grössere gewöhnliche Schwarzblech (Sturzblech) ist entweder einfaches oder Schlossblech, oder doppeltes oder Doppelblech; die Tafeln des letztern sind für gleiche Dicke fast doppelt so gross. Das Format des einfachen Schwarzbleches ist meistens so, dass Länge und Breite der Tafeln sich nahezu wie 3 : 2 verhalten; beim Doppelblech ist die Länge etwa das 1¾fache der Breite; die dicksten Tafeln sind immer auch die grössten.

Die kleinen zum Verzinnen bestimmten Tafeln führen den Namen Dünneisen oder Kleineisen (auch Fassblech, nach ihrer Verpackung in Fässern); nach dem Verzinnen werden sie Weissblech genannt. Die Sorten des Weissblechs führen nach Grösse und Dicke verschiedene Namen; gewöhnlich unterscheidet man Kreuzblech (das dickste), Vorder- oder Förderblech und Senklerblech (das dünnste).

Besondere Gattungen sind das Pontonblech, Tellerblech, Schüsselblech, Tassenblech etc. Am gewöhnlichsten haben die Tafeln 0,33 bis 0,37 m. Länge und 0,25 m. Breite.

Man hat so dünnes Blech fabrizirt, dass ein Quadratmeter desselben nur 134,8 Gramm wog, und solches zur Fabrikation von künstlichen Trauerblumen und ähnlichen Gegenständen benutzt; seine Dicke beträgt 0,017 mm.

Die in den Handel gebrachten Schwarzbleche sind mit Nummern versehen, das stärkste No. 1 hat die Dicke von 5,50 mm., das schwächste No. 26 ist 0,37 mm. dick; von den Blechen von No. 1 — 15 besteht der Sturz mit dem beiläufigen Gewicht von 25 Kilogr. aus einer Tafel, der Sturz von No. 16, 17, 18 aus 2 Tafeln, der Sturz von No. 19 und 20 aus 3 Tafeln, der von No. 21 und 22 aus 4 Tafeln, der von No. 23 aus 5 Tafeln, der von No. 24 aus 6 Tafeln, der von No. 25 und No. 26 aus 7, beziehungsweise aus 8 Tafeln.

Die auf Seite 89 folgende Tabelle giebt die Stärkenskala der neuen

Stärken-Skala[1]

der neuen deutschen Lehre für Schwarz- und verzinkte Bleche.

Sturz- oder Handelsbleche	Stärke in Millimeter	Gewicht per 1 □ Meter in Kilo	1000 × 2000 mm.		800 × 1600 mm.	
			Tafelzahl pr. Gebd.	Gewicht p. Tafel = 2 □ Meter in Kilo	Tafelzahl pr. Gebd.	Gewicht 1 Tafel = 1,28 □ Met. in Kilo u. Grm.
Nr. 1	5,50	44 Kilo	offen	88 Kilo	—	—
2	5,00	40 -	-	80 -	—	—
3	4,50	36 -	-	72 -	—	—
4	4,25	34 -	-	68 -	—	—
5	4,00	32 -	-	64 -	—	—
6	3,75	30 -	-	60 -	—	—
7	3,50	28 -	-	56 -	—	—
8	3,25	26 -	-	52 -	—	—
9	3,00	24 -	-	48 -	—	—
10	2,75	22 -	-	44 -	—	—
11	2,50	20 -	-	40 -	—	—
12	2,25	18 -	-	36 -	—	—
13	2,00	16 -	-	32 -	—	—
14	1,75	14 -	-	28 -	—	—
15	1,50	12 -	-	24 -	—	—
16	1,37	11 -	-	22 -	2	14 Ko. 80 Gr.
17	1,25	10 -	2	20 -	-	12 - 800 -
18	1,12	9 -	-	18 -	-	11 - 520 -
19	1,00	8 -	-	16 -	3	10 - 240 -
20	0,87	7 -	3	14 -	-	8 - 960 -
21	0,75	6 -	-	12 -	4	7 - 680 -
22	0,62	5 -	-	10 -	-	6 - 400 -
23	0,56	4,5 -	4	9 -	5	5 - 760 -
24	0,50	4 -	—	—	6	5 - 120 -
25	0,44	3,5 -	—	—	7	4 - 480 -
26	0,37	3 -	—	—	8	3 - 840 -

[1]) Für die Stärken der verzinnten und verbleiten Bleche gilt noch die Dillinger Lehre und sind deren Nr. 22, 22 ½, 23, 24 gleich mit der deutschen Lehre Nr. 23, 24, 25, 26, während bei den stärkeren Nummern nur theilweise und ganz geringe Differenzen bestehen.

deutschen Blechlehre für Schwarz- und verzinkte Bleche nebst Gewichtsangabe für einen Quadratmeter der betreffenden Blechsorte und die Abmessung der Blechgrössen.

Von schwarzen, verzinnten, verbleiten und verzinkten Eisenblechen sind weiter im Handel zu beziehen:

von Schwarz- oder Sturzblechen grossen Formats mit 1300×2600 mm. Seitenlänge No. 7, 8 und 9 in losen Tafeln;

von Schwarz- und Sturzblechen kleinen Formats:

mit 510×750 mm. Seitenlänge die No. 14. 15. 16. 17. 18. 21½. 22. 22½. 23. 24.

- 470×750 mm. - die No. 14. 15. 16. 17. 18. 20. 21. 21½. 22. 23. 24. 25.

- 440×750 mm. - die No. 14. 15. 16. 17. 18. 20. 21. 21½. 22. 23. 24.

Die stärksten Eisenbleche für Dampfkessel führen den Namen Kesselbleche; sie kommen in Tafeln von 1 : 2 Meter Seitenlänge vor und werden 6, 7, 8, 10, 12 und 14 mm. dick gemacht.

Sogenannte Wagenbüchsenbleche sind bei 1,5 m. Länge

	280 mm.	300 mm.	320 mm.	340 mm.	breit
und	6 mm.	6½ mm.	7 mm.	8 mm.	dick.

Die Zähigkeit der Kesselbleche erprobt man dadurch, dass man nahe am Rande Löcher bohrt und diese durch gewaltsames Eintreiben eines ovalen stählernen Keiles bis zum Aufreissen erweitert. Unganze Stellen (meistens durch eingemengte Schlackentheile entstanden) sucht man dadurch zu entdecken, dass man das Kesselblech, auf eine horizontale Unterlage gelegt, durch Kreidelinien in eine grössere Anzahl kleiner Quadrate theilt. Hierauf schlägt man mit einem Hammer auf alle Kreuzungspunkte dieser Linien und beobachtet mit geübtem Ohr den erfolgenden Klang; wo eine unganze oder schlecht geschweisste Stelle im Innern vorhanden ist, verändert sich der Ton; es lässt sich auf diese Weise jede fehlerhafte Stelle ermitteln, stösst man durch sie ein Loch, so zerfällt das herausgestossene Stück seiner Dicke nach in zwei Theile.

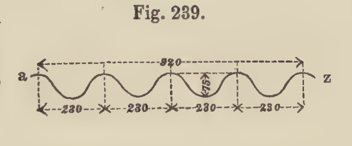
Eine sehr wichtige Rolle spielen in neuester Zeit die gewellten Eisenbleche und die aus Eisenblech hergestellten Buckelplatten.

Die gewellten Eisenbleche (aus dem Dillinger Hüttenwerk an der Saar) haben in ihrer No. 1, hauptsächlich verwendbar für den Brückenbau, 3000 mm. Länge, 920 mm. Breite und wiegt

bei	3	mm.	Dicke	pro	□ Meter	29	Kilogr.
-	3,5	-	-	-	-	34	-
-	4	-	-	-	-	39	-
-	4,5	-	-	-	-	44	-
-	5	-	-	-	-	49	-
-	5,5	-	-	-	-	54	-
-	6	-	-	-	-	59	-

Die nebenstehende Figur 239 giebt den genauen Querschnitt in seinen Wellhöhen und Breiten. Die Ueberdeckung beträgt bei a für alle Bleche 40 mm., bei z kann sie nach Belieben gemacht werden.

Fig. 239.

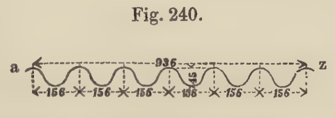


No. 2 a, zur Dachdeckung brauchbar, hat eine Länge von 3000 mm. eine Breite von 936 mm. und wiegt

bei	1,25	mm.	Dicke	pro	□ Meter	11	Kilogr.
-	1,50	-	-	-	-	13,25	-
-	1,75	-	-	-	-	15,5	-
-	2	-	-	-	-	17,75	-

Die nebenstehende Figur 240 giebt den genauen Querschnitt und die Stärke ihrer Wellen - Höhen und Breiten. Die Ueberdeckung bei a für alle Bleche beträgt ungefähr 20 mm., bei z kann dieselbe nach Belieben gemacht werden.

Fig. 240.

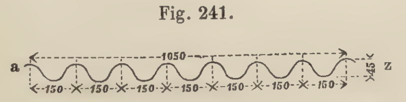


No. 2b für Dachdeckungen (flache Dächer); Länge der Tafeln 3000 mm., Breite 1050 mm., 1,5—2 mm. dick oder mit der Breite von 900 mm. 1—1¼ mm. dick; hierbei wiegt

1	□ Meter	1	mm.	dick	9	Kilogr.
1	-	1¼	-	-	11,25	-
1	-	1½	-	-	23,50	-
1	-	1¾	-	-	16	-
1	-	2	-	-	18,15	-

Die nebenstehende Figur 241 giebt den genauen Querschnitt und die Masse in ihren Wellen - Höhen und Breiten. Die Ueberdeckung beträgt bei a für alle Bleche ungefähr 20 mm., bei z kann dieselbe nach Belieben gemacht werden. Sämmtliche Wellenbleche nach Profil No. 2b können bis zur Breite von 9000 mm. exclusive Ueberdeckung nach jedem beliebigen Radius von 2—14 Meter bombirt werden; bei bombirten Wellenblechen beträgt die Entfernung von Wellenberg zu Wellenberg 152—153 mm.

Fig. 241.



No. 3 gleichfalls für Dachdeckungen geeignet, hat eine Länge von 2300 mm. und eine Breite von 530 mm.;

hierbei	wiegt	1	□ Meter	¾	mm.	dick	ca. 6	Kilogr.
-	-	1	-	1	-	-	8,50	-
-	-	1	-	1¼	-	-	10,50	-
-	-	1	-	1½	-	-	12,50	-

Die nebenstehende Figur 242 giebt den genauen Querschnitt und die Masse für die einzelnen Wellenberge. Die Ueberdeckung beträgt bei a

Fig. 242.

a 530 z 132,5 132,5 132,5 132,5

für alle Bleche ungefähr 20 mm., bei z kann dieselbe beliebig genommen werden.

No. 4 ist auch zum Dachdecken verwendbar, es hat eine Länge von 900 mm. und eine Breite von 1566 mm.;

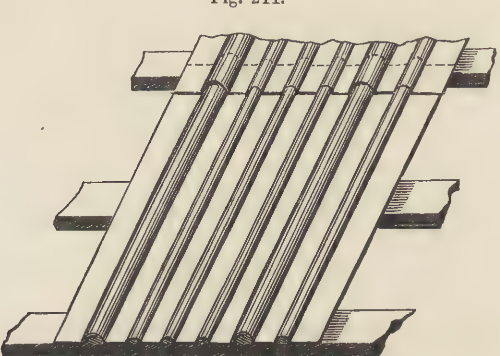
hierbei wiegt	1	□ Meter,	0,56 mm. dick,	nahezu	5,55 Kilogr.
- -	1	-	0,71 - -	-	7,10 -
- -	1	-	0,84 - -	-	8,3 -

Fig. 243.

Die nebenstehende Figur 243 giebt den Querschnitt und die Masse für die einzelnen Wellenberge. Die Ueberdeckung beträgt bei a für alle Bleche ungefähr 20 mm., bei z kann dieselbe nach Belieben gemacht werden.

In neuester Zeit hat man sehr leichte galvanisch verzinkte Dachplatten mit geriffelter Oberfläche nach Fig. 244 zum Belegen von

Fig. 244.



Dächern benützt; diese Dachplatten sind aus Frankreich bezogen und sind nicht allein auf beiden Seiten verzinkt, sondern auch an sämmtlichen Rändern; ihre Länge hat 0,410 m., ihre Breite 0,210 bei einer Blechstärke von nur 0,66 mm. Dieses ungemein leichte, pro Stück nur 0,3 k. wiegende Deckmaterial bedarf keiner Schalung, sondern nur einer Lattung mit 3maliger Unterstützung der einzelnen Tafeln ihrer Länge nach. Die Befestigung der Tafeln geschieht mittelst hakenförmig gebogener Blechstreifen, die gleichfalls aus verzinktem Eisenblech bestehen; unter die verzinkten Nagelköpfe wird zum bessern Schluss ein kleines Bleiplättchen gelegt; die Ueberdeckung der Tafeln wechselt je nach der grösseren oder geringeren Neigung des Daches zwischen 4 bis beziehungsweise 10 cm. Ueber die praktischen Erfolge, welche durch diese Dachdeckung erzielt wurden, liegen günstige Belege von den Gebrüdern Barth in Stuttgart vor.

Tafel XIV.

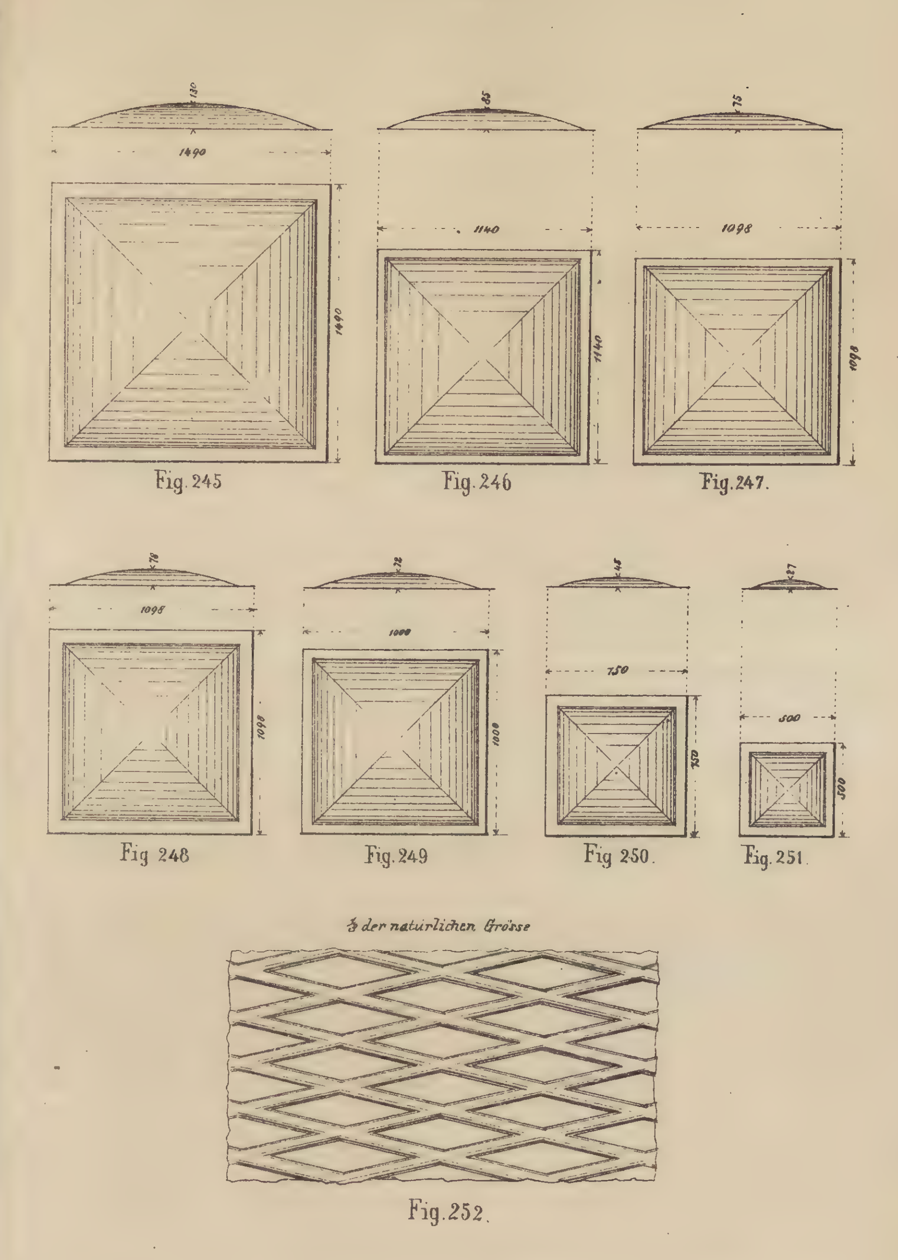
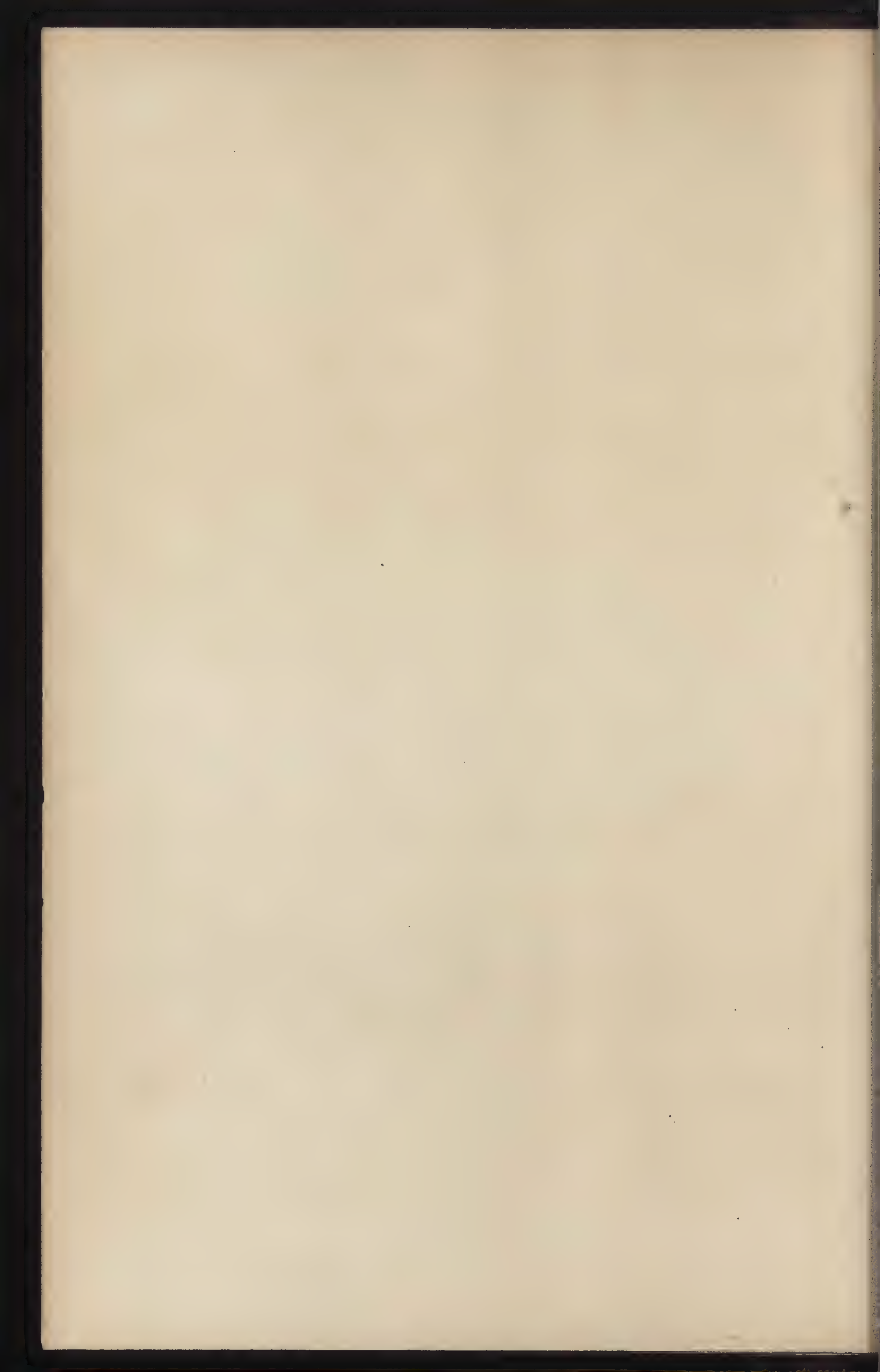


Fig. 245 Fig. 246 Fig. 247. Fig 248 Fig. 249 Fig 250. Fig. 251. Fig. 252.



Die Buckelplatten[1]) von Dillingen a. d. Saar werden am häufigsten in 7 verschiedenen Grössen hergestellt; die beifolgende lithographirte Tafel XIV. in den Figuren 245 bis 251 giebt die Form derselben in allen ihren Abmessungen und in ihrem Profil.

Gewichts - Tabelle

von Dillingener Buckel - Platten.

Blechdicke	bei						
	No. 1.	No. 2.	No. 3.	No. 4.	No. 5.	No. 6.	No. 7.
mm.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.	Kilogr.
6	104	61	56,5	113	47	26,5	11,5
6 ½	112,5	66	61	61	51	28,5	12,5
7	121,5	71	66	66	54,5	30,5	13,5
7 ½	130	76	70,5	70,5	58,5	33	14,5
8	139	81	76	76	62,5	35	15,5
8 ½	147,5	86	81	81	66,5	37	16,5
9	156,5	91	85	85	70,5	39,5	17,5
9 ½	165,5	96	90	90	74	41,5	18,5
10	173,5	101	94	94	78	44	19,5

Diese Buckelplatten dienen zum Belag von Eisenbahnviadukten und Strassenbrücken, zur Herstellung feuersicherer Decken, desgl. Wände, sowie Uferbefestigungen und bombensicherer Geschützstände etc.

Weiter sind zu erwähnen die gerippten Eisenbleche für Fusstritte von Waggons, Bodenbelege für Balkons, Treibhäuser, Maschinenräume, die Grösse dieser Bleche ist meist 3000 mm. in der Länge, 900 mm. in der Breite bei wechselnder Stärke von 6—10 mm. incl. Rippe; Figur 252 Tafel XIV. stellt ein so geripptes Blech dar.

Um nun alle diese Blechsorten gegen das Rosten zu schützen, überzieht man sie wohl mit Anstrichen, die selbstverständlich in einigen Jahren wiederholt werden müssen, um ihren Zweck vollständig zu erfüllen; ordinaire Anstriche bestehen wohl aus Theer, so mischt man oft 8 Gewichtstheile Gastheer mit 1 Theil Terpentin und 2 Theilen gebranntem Kalkpulver und streicht damit das Eisen dreimal an; dem letzten Anstrich giebt man noch einen Sandbewurf. Der bisher für Eisen am häufigsten verwendete Anstrich besteht aus Oelfarbe mit Leinölfirniss versetzt; als ersten Anstrich oder als Grundfarbe nimmt man Mennige (eine Verbindung von Bleioxyd mit Bleisuperoxyd) mit Leinölfirniss vermengt, und trägt auf diesen schnell trocknenden Grundton einen anderen beliebig gefärbten gewöhnlichen Oelanstrich mehrmals auf. Für Dachdeckungen empfiehlt sich ein Anstrich aus präparirtem Leinöl mit 3 Theilen gepulverter Bergkreide, 1 Theil Chamottemehl.

---

[1]) Von dem englischen Civil-Ingenieur Mallet in London erfunden.

Um das Rosten in den Verbindungsstellen der eisernen Verbandstücke zu verhüten, müssen deren Fugen sorgfältig verkittet werden, und verwendet man hierfür eine Mischung von ungelöschtem Kalkstaub, Leinöl und Werg.

Bei eisernen Brücken ist es angezeigt, alles Eisenwerk sorgsam in seinen Flächen metallisch rein zu machen, ehe man den Anstrich giebt, und dienen hierzu Drahtbürsten und verdünnte Säuren; alle Vertiefungen, etwaige Spalten und Risse, alle Fugen müssen dann fleissig mit Mennige und Bleiweisskitt ausgekittet werden; ist der Kitt trocken, so verwendet man wohl zum Anstrich 560 Gewichtstheile reines Bleiweiss, 133 Theile rohes Leinöl, 16—36 Theile gekochtes Leinöl ohne Bleiglätte und 18 Theile Terpentin; von letzterem nimmt man nur soviel, als zur bequemen Verarbeitung der Farbe nöthig ist. Der vierte Anstrich wird in frischem Zustande mit weissem Sande mittelst Streusandbüchsen gleichmässig bestreut[1]).

Weitaus günstigere Resultate gewähren nach Prof. Williams Lösungen aus Asphalt, Pech, Terpentin oder Petroleum; ist die Fläche rostig, so durchdringt solche Anstrichmasse dieselbe, umschliesst die Rosttheilchen und macht sie zu einem Theil des Anstrichs selbst. Die Unlöslichkeit eines solchen Ueberzugs kann man auch durch Zusatz von Leinöl verstärken; als Farbkörper zu den Anstrichen wählt man wohl ein Gemisch aus 2 Thl. braunschweiger Schwarz mit 1 Thl. Mennige, Bleiweiss oder Bleioxyd.

In Amerika erhitzt man das Eisen in luftverdünntem Raum, um es auszudehnen und seine Poren zu erweitern und behandelt es dann mit erwärmtem Paraffin, das tief in das Eisen eindringt; die so präparirten Eisenflächen sind dann noch mit einem abermaligen geeigneten Anstrich zu versehen.

Im allgemeinen müssen drei Bedingungen erfüllt werden, sollen Grundirfarben auf dem Eisen haften:

1. die betr. Farbe muss eine gute Trockenfähigkeit besitzen;
2. sie muss dünnflüssig sein, um sicher in alle Vertiefungen eindringen zu können;
3. darf sie nur mager aufgetragen werden, weil fettaufgetragene Schichten nur sehr langsam zu einer durchaus festen Kruste sich umgestalten, oder — was noch gefährlicher ist, es bildet sich auf der dicken Anstrichoberfläche ein festes Häutchen, unter welchem die Farbe lange flüssig bleibt.

In neuster Zeit wird eine Komposition unter dem Namen „Eisenfirniss“ als vorzügliches Mittel, Eisen gegen Rost zu schützen, empfohlen.

---

[1]) Eine sehr lehrreiche Arbeit über die Mittel zum Schutze des Eisens gegen das Rosten hat der Privatdocent a. d. techn. Hochschule J. Treumann veröffentlicht: Zeitschrift des Arch. und Ingen. Vereins zu Hannover 1879 Heft 3.

Um Eisen oder auch andere Metalle zu färben löst man 42,5 gr. unterschwefligsaures Natron in 450 gr. Wasser und mischt dazu eine Lösung von 45,5 gr. Bleizucker in 225 gr. Wasser; erwärmt man diese Mischung auf 88—93°, so zersetzt sie sich und lässt Schwefelblei in schwarzen Flocken fallen; ist nun gleichzeitig ein Metall zugegen, so lagert sich ein Theil des Schwefelblei's auf demselben ab und es treten auf der Metallplatte Farben auf, die je nach der Dicke des Niederschlags und je nach der Farbe des Metalls verschiedene Töne besitzen. Damit der Niederschlag sich gleichmässig bildet, ist es nothwendig den zu färbenden Metallkörper gleichmässig zu erwärmen. Unterwirft man Eisen diesem Prozesse, so bekommt es ein stahlblaues Ansehen, Zink wird braun[1]).

Um das Rosten von Eisen und Stahl zu verhindern sind in neuester Zeit auch Anstriche von alkalischer Wachsseifenlösung empfohlen. Zur Herstellung werden verwendet 10 gr. durchaus reines Kali in 0,5 l. heisses Wasser gelöst, unter allmäligem Beimischen von 10 gr. gelbem Wachs unter fleissigem Umrühren entsteht eine milchähnliche Flüssigkeit[2]).

Um gehärtetem Eisen, z. B. Gewehrschlusstheilen ein, schönes Ansehen zu geben setzt man die sauber polirt und trocken abgeputzten Eisentheile mit reinem gebranntem Leder in einen dichten Kasten ein. Hat der Kasten etwa ½ Stunde in ruhig brennendem Holzfeuer gestanden und Glühhitze erreicht, so wird sein Inhalt in einen Wasserbehälter gestürzt. Endlich werden die Eisentheile getrocknet, etwas erwärmt und mit Benzoëtinktur überstrichen, wodurch die gewonnene Färbung noch einen ganz besonderen Glanz erhält[3]).

In neuerer Zeit verwendet man statt des Bleiweisses zum Anstrich auf Eisen meistentheils das Zinkweiss und will damit sehr befriedigende Resultate erzielt haben. Dauerhafter und wirksamer wird man freilich Eisenbleche gegen die Zerstörung durch Einwirkung von Luft und Wasser schützen, wenn man sie mit metallischen Ueberzügen versieht, und dies geschieht durch Verzinnen, Verbleien, Verzinken, Verkupfern oder Vernickeln.

Verzinnte Bleche nennt man Weissbleche; bei ihrer Darstellung werden die Blechtafeln zuerst in Salzsäure gebeizt, in einem Flammofen geglüht, nach dem Erkalten mit einem hölzernen Hammer bearbeitet, dann zwischen Walzen geebnet, in einer saueren Kleienbeize vollständig vom Oxyd gereinigt, mit stark verdünnter Schwefelsäure gebeizt und mit Werg und feinem Sande abgerieben. Die gereinigten Bleche taucht man nun zunächst eine Stunde lang in geschmolzenen Talg, dann 1½—2 Stunden in eine Pfanne, die geschmolzenes stark erhitztes Zinn unter einer Talgdecke enthält, hierauf in eine zweite Pfanne mit geschmolzenem, sehr reinem Zinn.

---

[1]) Iron October 1874. S. 419.

[2]) Der Maschinenbauer 1880 S. 128.

[3]) Der Maschinenbauer 1877 S. 126.

Man überfährt die Bleche dann auf beiden Seiten mit Werg, um das Zinn gleichmässig auszubreiten, taucht sie noch einmal in die Pfanne mit reinem Zinn und dann in sehr heissen Talg, in welchem das flüssige Zinn die spiegelnde Oberfläche erhält. Die hierauf in senkrechter Stellung erkalteten Bleche werden schliesslich mit Kleie gereinigt. Mechanische Vorrichtungen, die man in neuerer Zeit konstruirt hat, sind dazu bestimmt, die ganze Arbeit des Verzinnens zu erleichtern und statt des theueren Talgs hat man vortheilhaft Chlorzink mit 10 pCt. Kochsalz und 4—5 pCt. Zinnsalz versetzt angewendet.

Um auf den Weissblechen Moiré zu erzeugen, werden nach R. Böttger die Bleche soweit erwärmt, dass deren Zinn eben in Fluss geräth (auf nahezu 228° C.), und wirft man sie dann ohne Zeitverlust in eine Flüssigkeit, die man durch Auflösen von 2 Gewichtstheilen Zinnchlorür in 4 Theilen Wasser, 1 Theil gewöhnlicher Salpetersäure und 2 Theilen Salzsäure erhält; blitzschnell überzieht sich dann die ganze Oberfläche der verzinnten Tafel mit einer ausserordentlich schönen Gruppe feinster Krystalle, die besonders glänzend hervortreten, wenn so behandelte Bleche nach gehörigem Trocknen mit einer durch Anilinfarben gefärbten alkoholischen Schellacklösung überzogen werden[1]).

Gusseisen nimmt Zinn schwieriger an als Schmiedeeisen, es muss abgedreht oder sehr blank abgerieben und dann mit verdünnter Säure geätzt werden; hierauf wird das Zinn mit Werk und Salmiak abgerieben und der vorher erhitzte Gegenstand schnell abgekühlt, ohne dass das Zinn selbst mit Wasser in Berührung kommt.

Das Verzinnen von Kochgeschirren mit einer Legirung von 8 Theilen Zinn, 1 Theil Eisen, die unter einer Boraxdecke zusammen geschmolzen werden, giebt einen harten und sehr dauerhaften Ueberzug, der aber schwer herzustellen ist.

Beim Verbleien wird das sorgsam gereinigte Eisen erhitzt und wird unter Mitanwendung von Salmiak, oder besser Chlorzink, geschmolzenes Blei aufgebracht und auf die Flächen verrieben; oder man taucht das Eisen in das flüssige Blei ein, das zum Schutz vor Oxydation mit einer Schicht Chlorzink bedeckt ist. Statt des reinen Bleies wendet man auch wohl das Hartblei an oder eine Legirung von 15 Theilen Blei, 3 Theilen Zinn, 1 Theil Kupfer und 1 Theil Antimon, beizt das Eisen in Salzsäure, in welche man Zinkstücke gelegt hat und taucht es noch nass in die geschmolzene Legirung ein. Verbleites Eisen wird von Schwefelsäure nicht angegriffen und rostet nicht, steht in letzterer Beziehung aber dem verzinkten Eisenbleche nach; doch behauptet man, dass das Blech durch Verbleien geschmeidiger werde, während es durch Verzinken an Geschmeidigkeit verlöre.

---

[1]) Jahresbericht des physik. Vereins in Frankfurt 1875.

Um Eisen zu verzinken, beizt man die Gegenstände mit verdünnter Schwefelsäure, welcher vortheilhaft etwas Theer zugesetzt wird, scheuert sie mit Sand, taucht sie in eine Salmiaklösung, trocknet sie in einem geheizten Raum und taucht sie dann noch heiss in das bedeutend über den Schmelzpunkt erhitzte Zinkbad, welches zur Verhinderung der Oxydation mit Salmiak überdeckt ist. Die verzinkten Gegenstände werden in Wasser gelegt, mit einer Bürste abgerieben und mit Sägespänen abgetrocknet.

Um auch grosse Gegenstände verzinken zu können hat die Fabrik von A. Hilgens in Rheinbrohl „Zinkbäder“ gebaut, in welche Konstruktionstheile und andere Fabrikate von Eisen bis zu einer Länge von 5,00 m. und einer Breite von 3,00 m. eingelegt werden können. Hierdurch möchte man auf dem Standpunkt angelangt sein, alle wichtigen Eisenkonstruktionen, wie sie im Brücken-, Eisenbahn- und Hochbau vorkommen, in Zukunft durch Verzinkung statt durch Oelanstrich zu schützen. Hierdurch wäre man der Frage über die muthmassliche Dauer der Eisenkonstruktionen bedeutend näher gerückt.

Zink schützt das Eisen ungleich besser vor Rost wie Zinn und Blei. Wenn Weissbleche an irgend einer Stelle von Zinn entblösst sind, so rostet das Eisen hier viel schneller, als wenn überhaupt kein Zinn vorhanden wäre, denn beide Metalle bilden eine Kette, in welcher das Eisen positiv, das Zinn negativ elektrisch ist; sie zersetzen das Wasser, dessen Sauerstoff sich mit dem positiven Element verbindet. Beim verzinkten Eisen aber ist das Verhältniss umgekehrt; hier ist das Zink positiv und wird allein oxydirt, während selbst das entblösste Eisen unversehrt bleibt. In der Luft erstreckt sich die schützende Kraft des Zinks auf Entfernungen von 4—6 Millimeter, unter Wasser viel weiter. Um verzinkte Bleche noch haltbarer zu machen, kann man sie nachträglich noch verzinnen.

Die Verkupferung des Eisens erfolgt meist auf galvanischem Wege. Das Eisen muss hierbei metallisch gereinigt sein, dann streicht man es mit einer schnell trocknenden Farbe, deren färbender Bestandtheil Mennige ist, an und reibt den Ueberzug mit Graphit ein. Die so vorgerichteten Eisenstücke kommen dann in eine konzentrirte Lösung von Kupfervitriol und werden mit dem negativen Pole der Kette verbunden; in 4—5 Tagen lässt sich ein Kupferniederschlag von einem Millimeter Stärke erzeugen.

Nach einer anderen Methode wird das schmiedbare Eisen in geschmolzenes Kupfer getaucht, dessen Oberfläche mit einem aus Kryolith und Phosphorsäure bestehenden Flusse bedeckt ist; der einzutauchende Gegenstand muss auf die Temperatur des geschmolzenen Metalls erhitzt werden. Das Verbinden des eingetauchten Gegenstandes mit dem negativen Pole einer Batterie beschleunigt den Prozess der Verkupferung.

Ein anderes Verfahren besteht in dem Eintauchen der zu behandelnden Gegenstände in eine Lösung von oxalsaurem Kupfer und doppelt kohlensaurem Natron in der 10 bis 15fachen Menge Wasser, welche

Lösung mit einer organischen Säure (Weinsäure, Oxalsäure) versetzt worden ist[1]).

Das Vernickeln erfolgt auf elektrolytischem Wege und wird der zur Verwendung kommenden Flüssigkeit eine Lösung von Borsäure zugesetzt. Der Niederschlag wird hierdurch durchaus gleichmässig, ist schön weiss, lässt sich leicht poliren und haftet fest an der Unterlage; als gute Lösung wird bezeichnet: 5 Theile Chlornickel und 2 Theile Borsäure, sowie 2 Theile Nickelsulfat und 1 Theil Borsäure, besonders wenn man derselben noch Aetzkali, Aetznatron oder Aetzkalk so lange zusetzt, als sich der durch den Zuschlag gebildete Niederschlag noch auflöst[2]).

Nach Barffs Verfahren lässt sich Eisen gegen den Einfluss der Witterung sowohl, als auch gegen chemische Reagentien unempfindlich machen, indem man dasselbe überhitzten Wasserdämpfen aussetzt; durch die vereinte Wirkung von Hitze und Dampf bildet sich dann eine schützende magnetische Oxydschicht. In Russland wird schon längere Zeit in ähnlicher Weise Eisenblech behandelt. Das aus kalt erblasenem Holzkohlen-Roheisen hergestellte Blech wird nämlich mit einer Mischung von Birkenholzkohle und Wasser überzogen, getrocknet und dann in Packeten zu 70 bis 100 Blechen in einen besonders konstruirten, mit Holz geheizten Ofen gebracht. Es ist nothwendig, dass in dem Ofen kein freier Sauerstoff an das Eisen tritt. Jedes Packet wird für 5 bis 6 Stunden lang in dem Ofen langsam erhitzt. Ganz besonders ist aber darauf zu achten, dass der Ueberzug durchaus gleichmässig ist, denn jede Fehlstelle bedingt eine sehr schnelle Korrosion des ganzen Stücks[3]). Das Barff'sche Verfahren wird neuerdings in England von der General-Iron-Company geschäftsmässig betrieben, die dazu verwendeten Muffeln sind 2,25 m. weit, 1 m. hoch und 3,0 m. lang[4]).

Um eine genaue Auswahl in bezug auf Stärke des Eisenblechs überhaupt zu treffen, hat man sogenannte Blechlehren, stählerne längliche Platten, an deren Rändern sich reihenweise nummerirte Einschnitte befinden; durch Einpassen der Bleche in diese Einschnitte lassen sich dann alle Blechsorten von der geringsten bis zur grössten Dicke in ihren Nummern bestimmen.

Zur Herstellung des Eisendrahtes ist ein sehr zähes und festes, dabei vollkommen ganzes, im Bruche fadiges Eisen das beste; nach der älteren Methode werden geschmiedete, gewalzte oder geschnittene Eisenstäbe zuerst durch Stosszangen, später durch Wasser- und Handleiern gezogen; nach der verbesserten Art fällt die Anwendung der Zangen ganz

---

[1]) Bericht der deutschen chemischen Gesellschaft 1875 S. 544.
[2]) Chemische Zeitschrift 1879 S. 491.
[3]) Deutsche Industrie Zeitung 1878 S. 56.
[4]) Der Maschinenbauer bringt die Darstellung der betr. Apparate 1880 S. 115.

weg, und die Streckung der Stäbe geschieht anfangs ausschliesslich durch eingekerbte Walzen, später aber mittelst der Zieheisen auf den Leierbänken.

Am besten bedient man sich des Stabwalzwerkes, mit welchem man im Stande ist, ohne Schwierigkeiten und Zeitverlust ganz runde Stäbe zu erzeugen. Die erste Zange, welcher nun diese Eisenstäbe übergeben werden, zieht dieselben 3 bis 4mal durch die grössten Löcher; der Draht kommt sodann auf eine zweite Ziehbank und wird überhaupt nach und nach von 4 Zangen bearbeitet, deren jede ihn durch 3 oder 4 Löcher zieht, so dass er im Ganzen 12—16mal gezogen wird. Die Zangenbänke geben dem Eisendraht gewöhnlich eine Dicke von 5—7 mm. Die weitere Verfeinerung geschieht auf der Scheiben- oder Ziehbank (Leierbank, Rollenbank), an deren einem Ende sich eine auf vertikaler Axe drehende Scheibe oder Rolle befindet. Hier muss der Draht, um z. B. von 5—7 mm. Dicke auf 0,43 bis 0,38 mm. gebracht zu werden, noch durch ungefähr 30 Löcher gehen.

Der Eisendraht lässt sich, so lange er dick ist, kaum öfter als 3 bis 5mal ziehen, ohne des Glühens bedürftig zu werden; da indessen mit zunehmender Feinheit dieses Bedürfniss immer seltener wiederkehrt, so reicht für die Fabrikation der dünnen Drahtsorten, welche 40 bis 50 mal durch die Zieheisen gehen, ein 5 maliges Glühen gewöhnlich hin; sehr feine Drähte erfordern keine Glühhitze mehr, sondern nur eine starke Erwärmung, um völlig wieder weich zu werden.

Der Eisendraht kommt im Handel in Ringen von 1, 5 bis 12½ Kilogr. vor. Die berühmten Eisendrahtfabriken in Westphalen und Rheinpreussen verfertigen 42 Sorten, und auf den Hütten am Harz wird Eisendraht in 36 Sorten gezogen, welche man mit den Nummern 1 bis 36 bezeichnet. Zu den feinen Eisendrähten gehören die Klaviersaiten; die wegen ihrer vorzüglichen Beschaffenheit berühmten nürnberger Klaviersaiten kommen in 31 Nummern vor, die in Wien fabrizirten in 17 Sorten.

Die neue deutsche Drahtlehre, wie solche nach einer stattgehabten Kommissionsberathung vom 11. Dezember 1873 in Hagen von allen deutschen Drahtfabriken vereinbart wurde, folgt in einer Tabelle (Seite 100) bei.

Aller käufliche Eisendraht ist blank, weil er nach dem letzten Ziehen nicht mehr geglüht wird. Eine Ausnahme macht nur der feine Draht, welcher bei der Blumenfabrikation verwendet wird und eine besondere Biegsamkeit haben muss. Man verfertigt diesen schwarzen oder gebrannten (nach ganz vollendetem Ziehen ausgeglühten) Eisendraht in Wien von 0,2—5,8 mm. Dicke in 14 Sorten, von welcher die gröbste No. 1, die feinste No. 14 ist. Der feinste in den Handel kommende Eisendraht ist 0,02 mm. stark, in einzelnen Fällen kann man ihn noch feiner ziehen, eine grössere Feinheit aber als die von 0,012 mm. lässt sich auf direktem Wege nicht mehr erreichen. Wenn man aber einen auf gewöhnliche Weise dünngezogenen Eisen- oder Stahldraht mit Silber umkleidet, ihn mit dieser Hülle möglichst fein zieht und dann durch heisses Quecksilber (unter Abschluss

Neue deutsche Drahtlehre.

Millimeter-Drahtlehre. No.	Millimeter-Drahtlehre. Dicke in Millimeter	Zur Vergleichung mit der Westfälischen Stiftdrahtlehre No.		Westfälische gewöhnliche Lehre. Benennung.	
100	10	29			
94	9,4	28			
88	8,8	27			
82	8,2				
76	7,6	26		Ketten.	
70	7	25		Schleppen.	
65	6,5				
60	6	24		Grob Rinken.	
55	5,5	23		Fein -	
50	5				
46	4,6	22		Malgen.	
42	4,2	21		Grob Memel.	
38	3,8	20		Mittel -	
34	3,4	19		Fein -	
31	3,1		18		Klink Memel[1]).
28	2,8		17		Natal.
25	2,5		16		Mittel.
22	2,2	15			
					Dünn Mittel.
20	2	14			3 Schillings.
18	1,8	13			4 -
			12		
16	1,6	11		2 Band.	
14	1,4	10		1 -	
13	1,3	9			
12	1,2	8		3 Band.	
11	1,1	7		4 -	
10	1	6		5 -	
9	0,9	5		6 -	
8	0,8	4		7 -	
			3		
7	0,7	2		Ord. Münster oder 1 Blei.	
6	0,6	1		Gattung oder 3 Blei. Fein Münster oder 1 Blei.	
5,5	0,55			Feine Gattung.	
5	0,5			1 Hol oder 4 Blei.	
4,5	0,45			2 - - 5 -	
4	0,4			3 - - 6 -	
3,7	0,37			4 - - 7 -	
3,4	0,34			5 - - 8 -	
3,1	0,31			6 - - 10 -	
2,8	0,28			7 - - 12 -	
2,6	0,26			8 - - 14 -	
2,4	0,24			9 - - 15 -	
2,2	0,22			10 - - 16 -	
2	0,2			11 - - 17 -	

[1]) Die ausser der Reihenfolge gedruckten Nummern und Benennungen der Westfälischen älteren Lehre weichen von den Massen resp. Nummern der neuen Lehre in der Weise ab, wie ungefähr die Höhenstellung anzeigt, z. B. dünn Mittel ist dünner als das neue No. 22, aber dicker als No. 20.

der Luft um die Oxydation des Eisens zu verhindern) das Silber auflöst, so wird der im Innern befindliche Eisendraht von ungemeiner Feinheit erhalten.

Vielfache Anwendung findet in gegenwärtiger Zeit der verzinkte Eisendraht, indem aus ihm fast ausschliesslich die Telegraphenleitungen hergestellt werden. Um Eisendraht zu verzinken, lässt man denselben gereinigt von einer Haspel sich abwickeln und führt ihn dabei durch ein Gefäss, das mit Chlorwasserstoffsäure oder Chlorzink und Salmiak gefüllt ist; hierauf geht der Draht durch 2 Kissen von Wolle, die ihn abtrocknen, und weiter in eine Eisenpfanne, die geschmolzenes Zink enthält; ein Zieheisen, das der Draht schliesslich zu passiren hat, glättet den angenommenen Zinküberzug und macht ihn gleichmässig; zum Abkühlen wird dann der verzinkte Eisendraht durch eine mit kaltem Wasser gefüllte Röhre geleitet, wird durch Kautschukkissen und erwärmte Blechröhren vollständig abgetrocknet und endlich auf Leiern aufgewickelt.

Nach vieljährigen Erfahrungen hat sich herausgestellt, dass verzinkte Eisendrähte in bezug auf Oekonomie weit aus den Vorzug verdienen. Die Dauer unverzinkter Eisendrahtleitungen hat sich nach einer Mittheilung des Archiv's für Post und Telegraphie auf 15 bis 20 Jahre herausgestellt, während verzinkte Drahtleitungen, welche seit 25 Jahren sich in der Linie befinden, erst äusserst geringe Spuren von Verschlechterung erkennen lassen[1]).

Um die Stärke der Zinkschichte auf verzinkten Telegraphendrähten zu bestimmen, benützt man ein einfaches Verfahren; die Prüfungsmethode besteht darin, dass man den zu untersuchenden Draht in eine Lösung von 1 Theil Kupfervitriol in 12 Theilen Wasser 10 Sekunden lang eintaucht und hierauf den sammtschwarzen Beschlag von dem Drahte mit Filtrirpapier abwischt. Die Eintauchungen des Drahtes werden so oft wiederholt, bis die rothe Farbe des Kupfers, welches sich auf das Eisen niederschlägt, bemerkbar wird. Ein verzinkter Eisendraht, welcher nur 45,12 Gramm Zink auf 1 Quadratmeter Oberfläche enthält, erträgt nur 3 Eintauchungen, während ein Draht, welcher 16 Eintauchungen und Abwischungen aushält, 190,74 Gramm Zink auf 1 Quadratmeter Drahtoberfläche besitzt. Diese Prüfungsmethode beruht darauf, dass sich das metallische Kupfer aus einer Kupfervitriollösung auf Eisen in einer festhaltenden, glänzendrothen Schichte niederschlägt, während es auf Zink in Gestalt eines schwarzen, leicht abzuwischenden Pulvers sich absetzt.

Eisendraht wird vielfach in der Bautechnik zur Anwendung gebracht, so zur Herstellung von Rohrdecken, Klingelzügen, Drahtgittern, Telegraphenleitungen, Fabrikation von Drahtstiften etc.; eine grosse Wichtigkeit erlangt dieses Material aber bei Herstellung von Drahtseilen, und werden solche

---

[1]) Deutsche Bauzeitung 1878 S. 134.

nicht allein beim Grubenbetriebe verwendet, sondern auch bei der Schifffahrt als Ersatz für das Tauwerk, bei Eisenbahnen zum Betriebe geneigter Ebenen, zu Telegraphenkabeln, bei Hebevorrichtungen und Krahnen statt der Ketten, zum Betriebe von Schleppdampfern und Fähren, endlich beim Maschinenbetriebe zu Transmissionen auf weitere Entfernung. Drahtseile ersetzen in manchen Konstruktionen auch wohl mit Vortheil die eisernen Zuganker und wurden auch früher dazu verwendet, Drahtbrücken daraus herzustellen.

Die Behandlung des Stahls beim Drahtziehen ist jener des Eisens gleich, nur muss derselbe wegen seiner Härte durch eine grössere Anzahl von Löchern fein gezogen werden. Beim Glühen des Stahldrahtes ist die grösste Vorsicht geboten, um ein alle guten Eigenschaften des Stahls vernichtendes Verbrennen zu vermeiden. Man zieht den Stahldraht jederzeit aus gewalzten Stäben. Der englische Stahldraht, 13—0,9 mm. dick, kommt im Handel in fusslangen geraden Stücken unter dem Namen Rundstahl vor.

Eigenthümlich geformte Arten von Stahldraht sind der gezogene viereckige Stahl, der Triebstahl und der Sperrkegelstahl, der ebenfalls fussweise in den Handel kommt.

Nägel sind zugespitzte und meist mit einem Kopfe versehene Körper von Metall, deren man sich bedient, um Gegenstände mit einander zu verbinden. Geschmiedete eiserne Nägel kommen in allen Grössen vor, die stärksten, zum Schiffbau und zu Zimmerarbeiten gebrauchten, werden mit Wasserhämmern, alle übrigen durch Handarbeit erzeugt, und benützt man dazu Stabeisen, Krauseisen, Schmiedeeisen.

Im allgemeinen unterscheiden sich die Nägel durch die Form ihres Kopfes und Schaftes, und durch ihre Grösse. Beides, sowohl Form als Grösse soll den besonderen Zwecken angemessen sein, wozu sie dienen. Der Kopf der Nägel hat die verschiedensten Formen; häufig ist derselbe, besonders bei den Holznägeln, dachförmig aus zwei Lappen bestehend, oder pyramidal, mit 3, 4 und mehreren geneigten Seiten (Schlägen), häufig kreisförmig rund, dann gewölbt oder flach etc. Der Schaft der Nägel ist im allgemeinen pyramidal, sein dickster Theil am Kopfe und von da ganz allmälig sich verdünnend und in eine Spitze verlaufend, dabei fast immer viereckig. Alle Holznägel haben einen lappigen oder pyramidal-eckigen Kopf und einen geraden Schaft, dessen Durchschnitt manchmal ein längliches Viereck bildet. Man giebt diesen Nägeln hie und da eine solche Form, in der Absicht, sie dadurch leichter zwischen die Holzfasern einzutreiben, ohne das Holz zu sprengen, wenn sie nämlich mit den zwei breiten Seiten nach den Holzfasern gerichtet eingeschlagen werden.

Sie lassen sich nach den zwei breiten Seiten auch leichter umnieten, sind aber dann schwächer. Das Verhältniss zwischen der Grösse des Kopfes und der Stärke und Länge des Schaftes soll ein ganz bestimmtes sein.

Man nimmt an, dass der grösste Durchmesser des Schaftes nahe am Kopfe gleich sein soll der Summe seiner halben Länge und seiner Breite, insofern man dies in Millimeter ausdrückt. Wenn z. B. ein grosser Schleusennagel 47 cm. lang wäre und nahe am Kopfe 27 mm. breit, so würde der Durchmesser des Nagelkopfes gleich sein müssen 50,5 mm. (oder $^{47}/_{2} + 27 = 50,5$)

Für die gewöhnlichen Holznägel hält man im allgemeinen eine Länge von 9—11,25 höchstens bis 13,5 cm. hinreichend, wenn das Holz (Brettholz) nur 3,0—6,0 cm. dick ist. Es richtet sich übrigens nach der Stärke und Länge des Nagels und nach der Tiefe, womit er im Holze steckt, der Grad der Festigkeit, womit er darin haftet, wozu, wie sich von selbst versteht, die Beschaffenheit des Holzes beiträgt.

Ueber die Kraft, mit welcher eiserne Nägel im Holze festhalten, hat Karmarsch Versuche angestellt und dabei folgende Resultate erhalten. Nägel halten in Tannen- und Lindenholz durchschnittlich gleich fest. Von der Hirnseite eingeschlagen, halten sie in Eichenholz 3 mal, in Weissbuchenholz 2—2⅓ mal, in Rothbuchenholz 2 mal so fest als in Tannenholz. Quer gegen die Fasern ist ihre Haltkraft in Eichen- und Weissbuchenholz etwa 2 mal, in Rothbuchenholz ungefähr 1½ mal so gross als in Tannenholz. In Querholz halten die Nägel bedeutend besser als in Längenholz, doch ist der Unterschied um so geringer, je dichter das Holz ist. Wegen der keilförmigen Gestalt der Nägel nimmt die Haltbarkeit eines und desselben Nagels in grösserem Verhältniss zu als die Tiefe, auf welche er in das Holz eingetrieben wird. Bei gleich tief eingeschlagenen Nägeln ist deren Dicke auf die Haltkraft von entschiedenem Einfluss und wird für 1 hann. Quadratzoll Nagelfläche durch folgende Zahlen in Kilogrammen durchschnittlich ausgedrückt. Wenn die Nägel eingeschlagen sind:

	von der Hirnseite.	quer gegen die Fasern.
bei Tannenholz	210	375
„ Lindenholz	210	395
„ Rothbuchenholz . . .	405	630
„ Weissbuchenholz . . .	490	690
„ Eichenholz	610	840

Mit diesen Zahlen kann man mit einer in den meisten Fällen sehr befriedigenden Annäherung die Kraft berechnen, welche ein gegebener Nagel zum Ausziehen erfordert. Man hat nämlich nur die Tiefe, auf welche der Nagel eingeschlagen wird, (in Centimetern) zu multipliciren mit der Summe seiner Breite und Dicke (an der Stelle, wo er aus dem Holze tritt, gemessen) und dann mit der zugehörenden Zahl aus der Tabelle, so ergiebt sich als Produkt das gesuchte Resultat in Kilogrammen.

Runde Drahtstifte besitzen eine viel geringere Haltkraft. Sie halten in Lindenholz etwa eben so fest, in Eichen- und Rothbuchen- 2 mal, in Weissbuchen- 2½ mal so fest als in Tannenholz. Zwischen Hirnholz und

Querholz ist das Verhältniss der Haltkraft ungefähr bei Tannen, Linden und Weissbuchen wie 1 : 1,2, bei Rothbuchen und Eichen wie 1 : 1,4. Bei einem und demselben Stift scheint die Haltbarkeit sehr nahe in dem einfachen und geraden Verhältniss der im Holz befindlichen Länge zu stehen. Bei gleich tief eingeschlagenen Stiften von verschiedener Dicke steht die Haltbarkeit nicht ganz im Verhältniss des Durchmessers, auch ist die für einen Quadratzoll Berührungsfläche gefundene Haltkraft 2—3 mal kleiner, als bei Nägeln, so dass der grosse Vorzug der letzteren vor den Drahtstiften in bezug auf das Festhalten im Holze ausser Zweifel gestellt ist.

Die wichtigsten Handelssorten und für den Techniker beachtenswerth sind folgende:

Schiffnägel, Mühlnägel, Leistnägel für Zimmerleute zum Schiff-, Mühlen- und Brückenbau, 0,12—0,30 m. (selbst 0,60—1,20 m.) lang, sind quadratisch oder flach und haben pyramidale mit 4 oder 8 Hammerschlägen gebildete Köpfe.

Bodennägel zum Nageln der hölzernen Fussböden, 96—110 mm. lang, sind quadratisch oder flach und haben pyramidale Köpfe, Flachköpfe, Querköpfe (aus zwei ovalen Flügeln bestehende Flachköpfe) oder Düker (ganz kleine aber dicke Köpfe). 1000 Stück wiegen 10—15 Kilogr.

Lattennägel, von derselben Verschiedenheit der Gestalt, 80—90 mm. lang, 1000 Stück wiegen 7½—10 Kilogr.; halbe Lattennägel, den vorigen in den Formen gleich, 72 mm. lang; 1000 Stüek wiegen 6—7½ Kilogr.

Brettnägel, Spundnägel, Dielennägel, Verschlagnägel, flach oder quadratisch, pyramidale Köpfe, Flachköpfe, Querköpfe und Düker, 66 bis 70 mm. lang, 1000 Stück wiegen 4—5 Kilogr.; halbe Brett- oder Spundnägel 50 mm. lang; 2—3½ Kilogr.

Schindelnägel, 50—75 mm. lang, 1½—2½ Kilogr., quadratisch; statt des Knopfes dient das dicke auf etwa 6 mm. lang flachgeschlagene Ende, welches sich beim Einschlagen in die Schindel umbiegt.

Schlossnägel, 36—42 mm., wiegen 1—2 Kilogr., sind quadratisch und haben Flachköpfe oder Düker; halbe oder kleine Schlossnägel, 25 mm., wiegen ¾—1 Kilogr.

Grosse Schiefernägel zum Aufnageln der Schiefer, 42 mm. lang, wiegen 1½ Kilogr., sie sind quadratisch und haben Querköpfe; die kleinen sind 33 mm. lang und wiegen 1 Kilogr. Tünchernägel und Rohrnägel, 30 mm., wiegen ¾—1¼ Kilogr., sind quadratisch und haben Flachköpfe oder Düker.

Bleinägel zum Aufnageln bleierner Platten von verschiedener Grösse, sind quadratisch und haben sehr grosse und runde flache Köpfe, welche auf der untern Seite vier Zäpfchen oder Warzen besitzen, um fester im Blei zu haften; grosse Bleinägel, 36 mm. lang, 1000 Stück = 3½ Kilogr.;

mittlere, 30 mm. lang ,1000 Stück = 2¼ Kilogr.; kleine, 18 mm. lang, 1000 Stück = 1⅓ Kilogr.

Ausser den aus der Hand geschmiedeten Nägeln werden auch aus Blech geschnittene eiserne Nägel (Maschinennägel, geschnittene Nägel) fabrizirt; hierbei wird zwar eine nicht unerhebliche Brennmaterial-Ersparniss erzielt, die auch eine Verminderung des Eisenabbrandes bedingt, dagegen lassen Maschinennägel in bezug auf normale Gestalt, schöne Spitze so manches zu wünschen übrig; auch die kalt angeschlagenen Köpfe springen sehr häufig beim Eintreiben der Nägel ab, und stehen daher dieselben den geschmiedeten Nägeln bedeutend an Werth nach.

In Amerika giebt man den für den Schiffs- und Eisenbahnbau verwendeten langen Nägeln eine schraubenförmige Windung; sie werden gleich den gewöhnlichen Nägeln mittelst des Hammers ins Holz getrieben, nehmen dabei von selbst eine Drehung an und schrauben sich ein; hierdurch besitzen sie dann gegen das Herausziehen einen grössern Widerstand, als die sonst üblichen nicht gewundenen Nägel.

Drahtstifte werden aus hart gezogenem Eisendraht gefertigt, und unterscheidet man: Bau- und Schreinerstifte, Wagnerstifte, Schlosser- und Glaserstifte, Tischlerstifte, Schieferdach- und Dachpappenstifte, Gurt- oder Tapezierstifte, Rohrstifte, Polsterstifte und Pariserstifte. (Absatzstifte und Portemonnaiestifte.)

Bau- und Schreinerstifte haben flachkegelförmigen Kopf mit Seitenrippen, aufgerauhten Hals und eine meist vierkantig pyramidale Spitze; sie sind entweder in ihrer anderweitigen Länge „glatt" oder „aufgerauht" und beträgt dann diese Aufrauhung etwas mehr als die untere Hälfte der Stiftlänge. An verschiedenen Sorten kommen vor:

Glatte Bau- und Schreinerstifte (rheinisch versenkte):

Dicke Nr.	Länge mm.	Dicke Nr.	Länge mm.	Dicke Nr.	Länge mm.	Dicke Nr.	Länge mm.	Dicke Nr.	Länge mm.	Dicke Nr.	Länge mm.	Dicke Nr.	Länge mm.	Dicke Nr.	Länge mm.
24	245	19	140	16	79	12	61	9	35	6	26	5	12	3	12
23	227	-	123	15	79	-	53	-	26	-	23	-	9	-	9
-	210	18	123	-	70	-	44	8	44	-	20	4	23	2	18
22	210	-	114	-	61	11	53	-	35	-	18	-	20	-	12
-	193	-	105	14	70	-	44	-	26	-	9	-	18	-	9
21	193	17	105	-	61	10	53	7	35	5	26	-	12	-	6
-	175	-	96	-	53	-	44	-	26	-	23	-	9		
20	175	-	88	13	61	-	35	-	23	-	20	3	18		
-	158	16	88	-	53	9	44	-	18	-	18	-	15		

Die Nummern von 24 — 13 incl. kommen auch unten aufgerauht vor.

Wagnerstifte mit versenkten Köpfen und gerauhtem Hals.

Dicke Nr.	Länge mm.	Dicke Nr.	Länge mm.	Dicke Nr.	Länge mm.
17	88	13	70	9	26
16	88	12	61	8	35
15	79	-	53	-	26
-	70	11	53		
14	70	10	44		

Wagnerstifte mit getauchten Köpfen und gerauhtem Hals.

Dicke Nr.	Länge mm.	Dicke Nr.	Länge mm.	Dicke Nr.	Länge mm.
15	70	12	53	9	35
-	61	-	44	-	26
14	61	11	44	8	26
-	53	-	35		
13	53	10	35		

Tischlerstifte, mit Rundkopf, am Hals gerauht.

Dicke Nr.	Länge mm.	Dicke Nr.	Länge mm.	Dicke Nr.	Länge mm.
12	53	9	35	6	26
11	44	-	26	-	18
10	44	8	26	5	18
-	35	7	26	-	12

Schieferdach- und Dachpappenstifte mit runden, flachen Köpfen, am Hals gerauht.

Dicke Nr.	Länge mm.	Dicke Nr.	Länge mm.	Dicke Nr.	Länge mm.
17	53	16	44	15	35
-	44	-	35	14	35
-	35	15	53		
16	53	-	44		

Gurt- und Tapezierstifte mit rundem, breitem Kopf und gerauhtem Hals.

Dicke Nr.	Länge mm.	Dicke Nr.	Länge mm.	Dicke Nr.	Länge mm.
15	35	13	29	11	18
-	32	-	26	10	18
14	35	12	26	-	15
-	32	-	23	9	15
-	29	11	20		

Rohrstifte mit einem Flügel sind entweder glatt von No. 13 oder 14 und 44 mm. lang, oder sie sind ganz gerauht und zwar in gleicher Grösse wie die glatten.

Polsterstifte sind aus Drahtnummern No. 16 und 17 hergestellt mit halbkugelförmigen hohlen Blechköpfen und in der Länge von 23—18 mm.; diese und die noch kleineren Pariserstifte werden verzinnt in den Verkauf gebracht.

Um das Gewicht der Drahtstifte zu ermitteln, verwendet man die

Formel: $P = \frac{l \times d^2}{40,5}$; in dieser Formel bedeutet P das Gewicht von 1000 eisernen Drahtstiften in Kilogrammen, l die Länge und d die Dicke dieser Stifte, beide in Millimetern ausgedrückt.

Die Drahtstifte finden, besonders begünstigt durch ihren niedrigen Preis, der eine Folge der fabrikmässigen Darstellung im Grossen ist, vielfache Verwendung in den verschiedensten Gewerben. Es kommen auch vier- und dreikantige Drahtstifte vor, und indem man den dazu dienenden Draht um sich selbst dreht, erhält man schraubenartige Stifte.

Das Kupfer.

Wenige Metalle sind so lange dem Menschen bekannt und so frühzeitig Gegenstand der Bearbeitung gewesen als das Kupfer; zuerst erschürften die Tschuden Kupfer ans den oberflächlichen Schichten des Altai, schmolzen es in grossen Töpfen und verarbeiteten es zu Waffen und Schmucksachen. Schon zu Herodot's Zeiten bestand ein lebhafter Handel der Griechen mit den Tschuden. Das Kupfer hiess χαλκός, später χαλκὸς κύπριος, weil es auf Cypern besonders reichlich vorkam, hieraus gestaltete sich der Name cuprum; Schwellen, Pfosten, Thore, Beile, Speichen etc. wurden nach Homer aus Kupfer gefertigt, und auch die Waffen der Griechen und Trojaner bestanden aus Kupfer; auch in den Blütheperioden der Griechen und Römer wurde Kupfer in grossen Massen zu Bildsäulen, Schmucksachen, zu gegossenen und geprägten Münzen verbraucht. In den Pfahlbauten unserer Gegenden finden sich Bronzegegenstände in grosser Menge; die Waffen bestehen zumeist aus 90 Thl. Kupfer und 10 Thl. Zinn, die Schmucksachen dagegen enthalten mehr oder weniger Blei, die Gefässe aber sind bleifrei, weil dieses Metall die Bronze spröde macht; der regelmässige Kobaltgehalt lässt vermuthen, dass diese Erze der Pfahlbauern aus den Thälern von Wallis stammen.

Plinius, der das Kupfer und das Erz sehr ausführlich im XXXIV. Buche bespricht, unterscheidet Kronen- und Stangenerz: „beide lassen sich schmieden; das Kronenerz lässt sich aber zu ganz feinen Blättern schlagen. Das Gusskupfer wird durch sorgfältiges Umschmelzen gereinigt und streckbar gemacht; bei einer Mustermischung, die das zarteste Erz giebt, setzt man dem Kupfer den zehnten Theil dunkles Blei und den zwanzigsten Silberblei zu. Der Gebrauch und die Werthschätzung des Kupfers sei so alt wie die Stadt, indem schon vom Könige Numa die Kupferschmiede als dritte Innung bezeichnet wurden.“

Das Kupfer findet sich in der Natur theils gediegen, theils in mannigfaltigen Verbindungen mit Sauerstoff, Schwefel u. a. m.

Die wichtigsten Kupfererze sind: Gediegenes Kupfer, Kupferkies, Fahlerz, Kupferglanz, Buntkupfererz, Rothkupfererz, Malachit, Kupferlasur.

Das gediegene Kupfer kommt in Peru und Chile in Körnerform mit Rothkupfererz und Malachit vor und wird als Kupfersand oder Kupferbarilla in England und Frankreich verhüttet. Auch Brasilien hat gediegenes Kupfer. In Nordamerika findet es sich in Gängen des Trappgebirges — so am Obernsee — bisweilen in kolossalen Massen. Am Ural wird es an mehreren Orten nesterweise dicht unter der Oberfläche im Letten aufgefunden; andere Fundorte sind Rheinbreitenbach, Schmöllnitz, Moldowa, die Kirgisensteppe, Konnektikut, Japan, China und Adelaide in Neuholland.

Kupferkies besteht aus 34,5 pCt. Kupfer, 30,5 pCt. Eisen und 35,0 pCt. Schwefel.

Fahlerz enthält durchschnittlich 30—48 pCt. Kupfer und bisweilen 0,32—17,27 pCt. Quecksilber.

Kupferglanz ist Kupfersubsulfurat mit 79,93 pCt. Kupfer und enthält gewöhnlich etwas Silber und Eisen.

Buntkupfererz besteht aus 3 Aequivalenten Kupfersubsulfurat und 1 Aequivalent Eisensesquisulfurat mit 56—71 pCt. Kupfer.

Rothkupfererz kommt derb, eingesprengt und erdig vor, oder haarförmig als Kupferblüthe; es ist Kupferoxydul mit 88,8 pCt. Kupfer; mit Eisenoxydhydrat gemengt, bildet es das röthlich-braune Ziegelerz, das oft in grossen Massen gefunden wird.

Malachit, basisch-kohlensaures Kupferoxyd mit Wasser, enthält 57,3 pCt. Kupfer.

Kupferlasur ist gleichfalls basisch-kohlensaures Kupferoxyd mit Wasser, hat aber nur 55,1 pCt. Kupfer in sich.

Das Vorkommen der Kupfererze ist ein äusserst mannigfaches, lager- und stockförmig, in Butzen und Nestern, gangförmig, oft sind sie auch in ganze Gesteinsmassen und Flötze eingesprengt und imprägnirt, wie im Kupferschiefer; ebenso kommen sie im krystallinischen Schiefergebirge, im Granit und andern ältern Eruptivgesteinen (Grünsteinen, Mandelsteinen), einzeln selbst in den neuesten Laven vor. In den neptunischen Sedimentgesteinen findet man bis in den bunten Sandstein bauwürdige Lagerstätten.

Die wichtigsten Fundorte in Schweden bei Falun, Garpenberg, Tunaberg gehören dem krystallinischen Schiefergebirge an, wo besonders Kupferkies, Buntkupfererz, Kupferglanz in Lagern und Stöcken eine grosse Verbreitung nachweisen; ähnlich ist das Vorkommen der Kupfererze bei Berggiesshübel im sächsischen Erzgebirge. Im Ural findet sich der prachtvolle Malachit von Beresow, Rothkupfererz und gediegenes Kupfer im Uebergangskalk wie in den Kupfergruben der Kirgisensteppe, und konzentrirt im

Thon bei Nishnei-Tagilsk; reich an Kupfererzen ist aber auch der permische Kupfersandstein im Westen des Urals.

Auch in Ungarn finden sich ausser zahlreichen Erzlagern im krystallinischen Schiefer- und Thonschiefergebirge zahlreiche Erzgänge wie zu Herrengrund, Libethen, Dobschau, Rezbanya, Kapnik und führen nebst Kupferkies silber-, selbst goldreiche Erze; aber auch oxydische Kupfererze und selbst gediegenes Kupfer kommt daselbst vor.

In den Alpen von Salzburg und Tyrol giebt es Kupferkieslager im krystallinischen Gebirge des Pinzgaues und im Uebergangsgebirge von Leogang und Kitzbühel, unregelmässige Kluftausfüllungen, sogenannte Rinner, im Kalkstein von Schwatz, Rattenberg, Brixlegg.

Im übrigen Deutschland ist der Kupferkieserzstock des Rammelsberges bei Goslar im Harz der wichtigste, aber auch die Erzgänge der Grauwacke, des Ober- und Unterharzes bei Klausthal, Zellerfeld und Neudorf führen zum theil reiche geschwefelte Kupfererze, ähnlich wie die Erzgänge im Gneis des Erzgebirges, in den krystallinischen Schiefern von Schlesien und des voigtländischen Uebergangsgebirges bei Naila. (Auf der Zeche St. Barbara am Mühlberg bei Unterried wurde im vorigen Jahrhundert Kupfer gewonnen.)

Auf den rheinländischen Erzgängen, wie bei Rheinbreitenbach und Linz finden sich neben gediegenem Kupfer oxydische Erze; wichtig ist das Vorkommen von Kupfer im Kupferschiefer von Mansfeld, auch im Zechstein Thüringens, bei Kamsdorf und Saalfeld finden sich auf Gängen Kupfererze vor.

Die Kupfererze von Bullach in Schwaben gehören dem Buntsandstein an.

Irland besitzt zwei kupferreiche Erzdistrikte, Cornwallis, woselbst die verschiedensten Kupferverbindungen den Granit und das Uebergangsgebirge in Quergängen durchsetzen, und Anglesea mit Kupferkiesablagerungen im Thonschiefer. In Frankreich lagert der interessante Stock von Chessy bei Lyon zwischen Granit und buntem Sandstein. Für Italien sind die Kupferkiesstöcke wichtig, die mit dem Serpentin und Gabbro Toskana's verknüpft sind. Reich an Kupfer ist ferner Afrika und Australien; von Adelaïde werden Kupfererze, namentlich auch gediegenes Kupfer nach England verschifft und in Sudwales bei Swansea verhüttet, ein Gleiches ist der Fall mit den reichen Erzen aus Namayna und Chile.

Die reichsten aller bekannten Kupferlagerstätten sind aber in den Vereinigten Staaten Amerikas am Obernsee; das gediegene Kupfer erfüllt hier ganze Spalten im älteren sogenannten Trappmandelstein, und wurde dasselbe schon von den Urbewohnern Amerikas zur Herstellung von Waffen, Werkzeugen etc. benutzt.

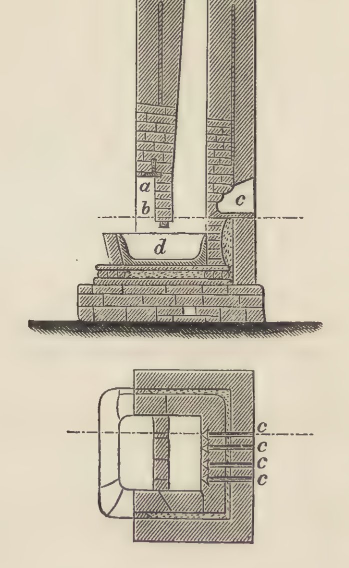
Die Gewinnung des Kupfers geschieht seltener aus gediegenem Kupfer und oxydirten Erzen, als aus geschwefelten, meist auf trockenem

Wege durch Schmelzen in Schachtöfen (deutscher Prozess), oder in Flammöfen (englischer Prozess). Sehr arme Erze werden auf nassem Wege bearbeitet.

Beim Schachtofenprozess werden die gepochten und gewaschenen Erze zunächst geröstet, das Rösten geschah früher meistentheils in Haufen oder Stadeln, hat sich jedoch in neuerer Zeit mehr den Schachtröstöfen zugewendet, welche einen kontinuirlichen Betrieb, bedeutende Brennstoffersparniss, geringe Röstzeit und die Nutzung der schwefligen Säure zur Schwefelsäurefabrikation zulassen[1]).

Der Zweck dieser Röstung ist die Entfernung von Wasser, Bitumen, Schwefel, Antimon, Arsen, sowie die Oxydation der Metalle als Vorbereitung zur Verschlackung beim Roheisen, doch darf man nicht zu viel Schwefel entfernen, weil sonst später Verluste an Kupfer entstehen. Die gerösteten Erze werden zerkleinert und mit Kohle, Kalk, Thonerde und Kieselsäure als Zuschläge im Schachtofen geschmolzen.

Fig. 253.



Zum Erzschmelzen verwendet man wohl 6 Meter hohe Oefen nach der Form, wie sie die nebenstehende Figur 253 giebt; der Schacht hat die Form eines länglichen Vierecks, dessen kleinere Seite sich nach der offenen Gicbt hin verjüngt. An der vorderen Ofen-Wand ist der Schacht offen, und wird dieselbe durch eine starke Eisenschiene a getragen; von dieser Eisenschiene a abwärts bildet sich die viel dünnere Brust des Ofens b, ebenfalls auf einem eisernen Träger ruhend. Der Brust gegenüber in der Rückwand befindet sich die Form mit den vier Düsen c. Der Schachtofen erweitert sich zu einem Herd in der Form eines viereckigen Beckens, das nach vorn offen ist; in diesem vorderen Theil befindet sich der Stich zum Ablassen der Schmelzprodukte.

Die Wände des Ofens bestehen aus Rauh- und Futterschacht, letzterer in seinem Gestell von feuerfesten Steinen (Glimmer- oder Talkschiefer) hergestellt; zwischen beiden befindet sich zur Isolirung eine Füllung; von

---

[1]) Die beim Rösten verwendeten sogen. Kiln's, die Gerstenhöfer'schen Oefen und die von Hasenclever-Helbig konstruirten finden sich dargestellt in der technischen Chemie von Bruno Kerl IV. Bd., III. Auflage von 1877 S. 33 u. s. w.

aussen ist der ganze Schachtofen mit einer starken eisernen Rüstung versehen. Das Herdbecken ist mit einem 12 Zentimeter starken Futter (d) aus Sand und Thon ausgeschlagen und weiter überlegt mit einer Schicht aus Sand, Thon und Kohlengestübbe versehen; ein eingesteckter Holzzapfen, den man nach dem Trocknen herauszieht, bildet die Stichöffnung.

Das Rohschmelzen, Suluschmelzen bezweckt die Verschlackung oder Verflüchtigung der im Röstgut erhaltenen fremden Oxyde und die Konzentration des Kupfers in einen Stein. Beim Niedergehen der Erze wird durch Kohlenoxydgas zunächst das Kupferoxyd zu metallischem Kupfer reduzirt, die schwefelsauren Metallsalze werden unter Verflüchtigung von schwefliger Säure wieder in Schwefelmetalle verwandelt, welche das metallische Kupfer aufnehmen und mit den beim Rösten unzersetzt gebliebenen Schwefelmetallen eine neue kupferreichere Schwefelung (Rohstein) erzeugen. Die antimon- und arsensauren Metalloxyde werden unter Verflüchtigung von antimoniger und arseniger Säure theilweise zu Antimon- und Arsenmetallen reduzirt, während namentlich das Eisenoxyd nach vorhergegangener Reduktion zu Oxydul sich mit den im Erz enthaltenen Erden und mit den Zuschlägen zu Schlacke verbindet.

Im Herde sammelt sich zu unterst der Kupferstein, zu oberst die Schlacke, letztere lässt man seitwärts in ein Sandbett rinnen, während der im Vorherd erstarrende Theil von Zeit zu Zeit ausgehoben wird, um später beim Rohschmelzen wieder zugeschlagen zu werden. Ist der Herd mit Stein angefüllt, so lässt man ihn unter Abstellung des Gebläses in flache Sandformen durch das Stichloch ablaufen und erhält hierdurch dünne Platten, die weiter, wie dies zum Rösten erforderlich ist, zu faustgrossen Stücken zerschlagen werden.

Der gewonnene Rohstein enthält durchschnittlich 32 pCt Kupfer, daneben Eisen, Blei, Nickel, Mangan, Zinn, Silber, Kalk und Schwefel, er wird zerkleinert wiederholt geröstet, um die Schwefelmetalle möglichst vollständig in schwefelsaure Salze überzuführen. Bisweilen laugt man den Stein von der dritten Röstung an nach jedem Rösten in terrassenförmig über einander stehenden Bottichen aus und verdampft die Lauge, um Kupfervitriol zu gewinnen. Enthielten die Erze viel Bleiglanz, Zinkblende oder Fahlerz, so schmilzt man den unvollkommen gerösteten Rohstein in einem Schachtofen unter Zusatz von Schlacken und erhält einen Spurstein, Doppellech mit 60 pCt. Kupfer, während ein grosser Theil der fremden Beimengungen verschlackt wurde.

Bei sehr grosser Produktion hat man in neuerer Zeit die alte Form der Schachtöfen verlassen, indem man den Schacht, statt rechteckig, rund machte, und eine grössere Anzahl von Formen symmetrisch um den runden Schmelzraum anordnete. Der so entstandene Mansfeld'sche oder Pilz'sche Ofen findet in nachstehender Fig. 254 Darstellung:

A ist der 9,00 m. hohe Ofenschacht mit einem unteren Durchmesser

von 1,80, einem oberen von 2,2 m. a Windformen, b Schlackenabfluss, c Stichöffnung für den Rohstein, welcher durch die Rinne d und die Vertheilungsnäpfe e in ein Wasserbassin f fliesst, um in granulirtem Zustande erhalten zu werden, g Windleitungsröhre, h Gaskanäle in die Abzugsröhren l mündend, k Parry'sche Chargirtrichter, m Rauhgemäuer, n Kernschacht auf Eisensäulen n ruhend.

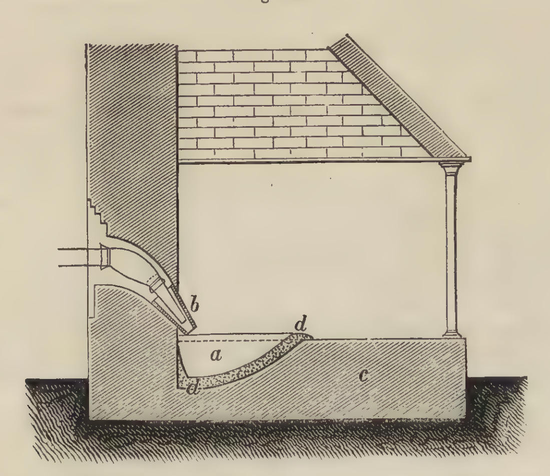
Fig. 254.

In Schweden verwendet man zum **Rohkupferschmelzen** kleine Schachtöfen mit 2 — 3 Formen, in diesen entsteht zu oberst die Schlacke, in der Mitte der Stein, zu unterst das Rohkupfer. Nachdem die Schlacke abgestochen, lässt man den **Dünnstein** in eine gesonderte Vertiefung abfliessen, während man das Rohkupfer in gusseiserne Formen bringt. Der **Dünnstein** enthält 55—72 pCt. Kupfer und sieht bei geringem Kupfergehalt stahlgrau, bei höherem mehr violett aus. Dieser Stein spielt eine sehr wichtige Rolle beim Schmelzen, insofern er einerseits der Schlacke Kupfer entzieht, andererseits das Rohkupfer vor Eingehen in die Schlacke schützt und so einen Verlust hindert. Man zerschlägt den gewonnenen Dünnstein und röstet ihn entweder für sich, oder indem man ihn beim Rösten des Rohsteins zugiebt.

Das Rohkupfer wird seines dunkelfarbigen Aussehens wegen **Schwarzkupfer** genannt, es ist sehr spröde, körnig, schmutzig braun und enthält 70—98 pCt. Kupfer. Man unterwirft es zunächst einem kräftigen oxydirenden Schmelzen, wobei die fremden Bestandtheile theils durch Verflüchtigung, theils durch Verschlackung entfernt werden, während Gold und Silber beim Kupfer bleiben. Nur selten wird durch dies **Garmachen** ein völlig geschmeidiges Kupfer erhalten, meist ist es noch sehr brüchig und mit Kupferoxydul verunreinigt, kommt aber bereits als **Garkupfer** oder **Rosettenkupfer** in den Handel.

Das Garmachen geschieht auf dem sogenannten Gar- oder Rosettenherd; dieser besteht nach Fig. 255 aus einem Mauerkörper c, in welchem eine rundliche beckenartige Vertiefung sich befindet, die mit einem Gemisch von feuerfestem Thon, Sand und Kohlengestübbe d ausgefüttert ist; in diese Herdgrube a wird unter der Wirkung eines kräftigen Gebläses b das zerstückelte Schwarzkupfer mittelst Holzkohlen niedergeschmolzen; es entsteht nun eine Schlacke, die durch Wasser-Aufsprengen steif und dann abgehoben wird. Nachdem durch das Gareisen die Garprobe gemacht ist, wird das Gebläse abgestellt und das Garkupfer mit Löffeln in die bereitstehenden Formen geschöpft. Nach einer andern Methode wird, nachdem

Fig. 255.



die gezogenen Proben die Gare anzeigen, die Schlacke mit einem Span von der Oberfläche des Metalls abgezogen; man lässt darauf das Metall etwas erkalten und schreitet dann zum Scheibenreissen. Hierbei wird das Garkupfer nicht in Barren ausgegossen, sondern in dünne Scheiben verwandelt. Hat nämlich das Metall die richtige Temperatur angenommen, so spritzt man etwas Wasser auf, wodurch die Oberfläche in ganz dünner Kruste erstarrt, die dann sofort abgehoben wird; so fährt man mit Wasseraufspritzen und Abheben fort, bis das ganze im Herd vorhandene Kupfer zu Scheiben umgestaltet ist. Die Scheiben, „Rosetten“ oder Rosettenkupfer genannt, werden mit Wasser abgelöscht, um sie vor Oxydation zu schützen, hierbei läuft das Kupfer aber stets kochenillenroth an und bedeckt sich mit einem dünnen Häutchen von Oxydul. Es hat auf der unteren Fläche ein zackiges, hakiges Ansehen, eine Folge des Abreissens von der Fläche des noch flüssigen Kupfers; woher auch der Name Rosettenkupfer gekommen sein mag. Die Scheiben sind desto dünner, je reiner

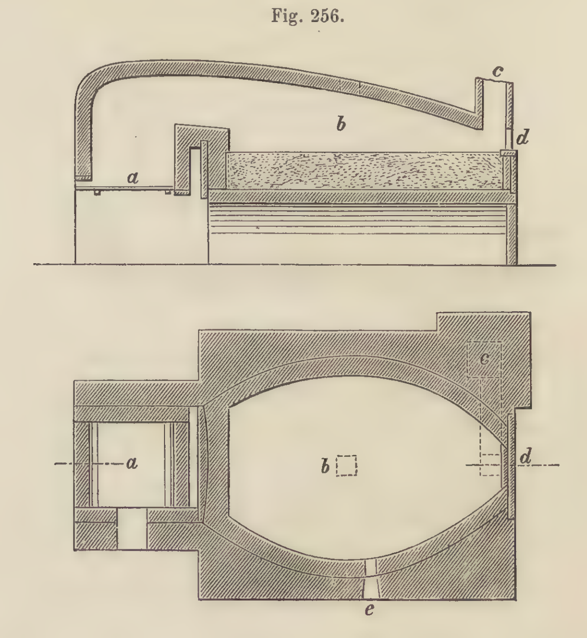
das Kupfer und je weniger Oxydul es enthält; dann kann wohl die Stärke nur einige Millimeter betragen.

Das Gewinnen des Kupfers in Flammöfen ist in Wales üblich und besteht dasselbe in sechs und oft mehr Operationen, welche man ohne alle Ausnahme in Flammöfen ausführt; der Prozess hierbei beruht im wesentlichen auf denselben chemischen Grundsätzen wie die Kupfergewinnung in Schachtöfen; während aber im letzteren Falle Kohlen und Kohlenoxyd als Reduktionsmittel dienen, spielt bei Flammofenarbeit der Schwefel der beim Rösten unzersetzt gebliebenen Schwefelungen die Hauptrolle als Reduktionsmittel, indem er die gebildeten Oxyde und Salze unter Bildung von schwefliger Säure zerlegt.

Zum Rösten der Erze verwendet man eigens konstruirte Kalzinirflammöfen, in denen man mit sehr hoher Temperatur arbeitet; die Kalzination liefert eine in Wasser abgelöschte Masse von schwarzbraunem Ansehen.

Hierauf erfolgt das Rohschmelzen; die nachstehende Figur 256

Fig. 256.



erklärt den hierzu verwendeten Ofen; a ist die Feuerung, b der Schmelzraum mit einer starken Schicht von zusammengesintertem Sand und Schlacken ausgeschlagen, c der Schornstein. Die Beschickung erfolgt durch eine Oeffnung im Gewölbe des Flammofens; die nöthigen Schlackenbrocken werden durch die Oeffnung d eingebracht, und wird auch durch diese

Oeffnung die Beschickung umgerührt und die Schlacke abgezogen. Für gewöhnlich ist die Oeffnung bei d mit einem steinernen Vorsetzer geschlossen und dient ein Schauloch in der Mitte desselben zur Beobachtung des Feuers. Die Stichöffnung zum Abstechen des Steins ist mit e bezeichnet.

Ist die Beschickung durch die Oeffnung des Deckengewölbes eingebracht und die Schlacke durch die Oeffnung d am Schornstein, so setzt man den Ofen in Gang und schmilzt die Beschickung nieder; die Schlacke wird durch d abgezogen; ohne den Stein abzulassen, wird eine zweite und dritte Beschickung in gleicher Weise behandelt, bis der ganze Herd des Ofens mit Stein angefüllt ist. Hierauf öffnet man den Stich und lässt den Stein in einem dünnen Strahl in ein Wasserbecken abfliessen und erhält so einen gekörnten Stein. Dieser gekörnte Stein wird nun in einem Kalzinirofen der Steinröstung unterworfen, was unter fleissigem Umrühren bei freiem Zutritt der Luft und allmälig gesteigerter Temperatur geschieht. Nach diesem Steinrösten erfolgt das Konzentrationsschmelzen; dieses besteht darin, dass man den gekörnten und gerösteten Rohstein mit kupferoxydreichen Zuschlägen, sowie mit einem Zusatz von oxyd-, lasur- und malachithaltigen Kupfererzen niederschmilzt, wodurch dann einerseits der Konzentrationsstein entsteht, andererseits eine Schlacke, die als Zuschlag bei den weiteren Operationen verwandt wird; beide, der Stein wie die Schlacke, werden in Sandformen abgestochen. Beim Erkalten des Steins bilden sich an dessen Oberfläche kleine Erhebungen und Krater, welche von einer Gasentwickelung herrühren.

Die durch das Konzentrationsschmelzen erhaltenen länglich viereckigen Steine werden nun weiter in einen Flammofen gebracht, der so konstruirt ist, dass über seine Feuerbrücke freier Luftzutritt in den Ofen erwirkt werden kann; ist die Masse unter Zutritt von Luft in Fluss gebracht, so zieht man die Schlacke ab und lässt das Feuer niedergehen, wobei der Stein allmälig dickflüssig wird und gesteht; nach dem Erkalten des Steins verstärkt man dann das Feuer von Neuem, und ist die Masse in Fluss gekommen, sticht man sie in Sandformen ab und erhält ein Rohkupfer mit 95 pCt. Kupfergehalt.

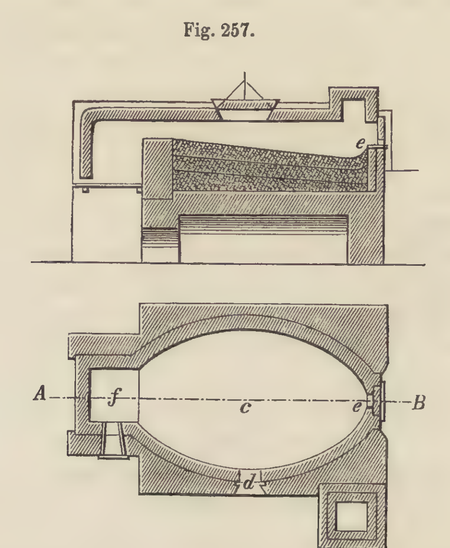
Die letzte Operation ist endlich das Garmachen, wobei das Garkupfer und die Garschlacke entsteht.

Der Ofen, in dem das Garmachen erfolgt, ist ein Flammofen, wie ihn Fig. 257 darstellt, nur besitzt er keine Oeffnung zum Beschicken und hat auch kein Stichloch; seine Sohle e aber hat der Länge nach und von beiden Seiten eine Neigung nach einem tiefsten, der Feuerbrücke g entgegengesetzten Punkt. Durch eine Oeffnung d an der Seitenwand bringt man die Beschickung ein, schmilzt sie nieder und hält sie während 15 Stunden der oxydirenden Einwirkung der in den Ofen tretenden Luft ausgesetzt, während man die Schlacke aus der hinteren Oeffnung des

Ofens abzieht. Das Kupfer geht hierbei in den Zustand des übergaren Kupfers über, d. h. es sättigt sich mit Kupferoxydul.

Nach einer gezogenen befriedigenden Probe wird die Schlacke von der Oberfläche des Metalls abgezogen; einige Schaufeln reinster Kohlen werden auf das Metall geworfen und dann eine birkene oder eichene Stange in das Metall gesteckt (gepolt); das Holz zersetzt sich unter sehr starker Gasentwickelung, wodurch das Metall zum starken Aufwallen gebracht wird; sobald eine angestellte Probe die vollständige Gare des Kupfers anzeigt, wird es so schnell als möglich in Formen gegossen; diese letzte Operation bei Herstellung reinen Kupfers nennt man das Hammergarmachen[1]).

Fig. 257.



Das hammergare Kupfer liess man früher in geschmolzenem Zustande in Wasser ablaufen und erhielt so gekörntes Kupfer, das von den Messinggiessern gern gekauft wurde.

Soll das Kupfer zu Blechen verwalzt werden, so setzt man vor dem Ausschöpfen etwas Blei zu.

Der Prozess der Kupfergewinnung erleidet selbstverständlich vielfache Modifikationen, die namentlich von der verschiedenen Natur der zu verhüttenden Erze abhängen: Hat man unreine Erze, so giebt man keine oxydischen Zuschläge oder nur solche von mittelreichen, nicht zu stark gerösteten geschwefelten Erzen, oder man treibt bei sehr reinen Erzen die Röstung des Rohsteins nicht zu weit. Dabei bildet sich ein kupferarmer Stein mit Ausscheidung von metallischem Kupfer in seinen zahlreichen

[1]) Ein neues Verfahren Kupfer zu Raffiniren hat H. Heese in Olpe erfunden, Näheres hierüber bringt die Berg- und Hütten Zeitschr. 1879 No. 14 S. 166

Hohlräumen. Dieser blaue Stein giebt nach der Röstung bei Zuschlag verschiedener Menge oxydischer Produkte oder beim Röstschmelzen reinere oder unreinere weisse Extrasteine und bei nochmaliger Konzentration derselben Regulusstein, Metallstein, Konzentrationsstein oder Feinmetall.

Die Blausteinschlacken sind um so ärmer an Kupfer, je reicher der Stein an Eisen ist. Aus reineren Erzen kann man unter Zuschlag von oxydischen Erzen und Produkten direkt einen weissen Stein mit 65 bis 70 pCt. Kupfer darstellen, wenn man nur gewöhnliche Kupfersorten gewinnen will. Bei einem Ueberschuss von oxydirten Erzen erhält man den Pimple- oder Blasenstein, welcher noch reicher an metallischem Kupfer ist und entweder gleich auf Schwarzkupfer oder zu einem zweiten Pimplemetall konzentrirt wird. Die Konzentrationssteine werden ohne Zuschläge verschmolzen und dadurch vom Schwefel und anderen Verunreinigungen durch Sauerstoff und Kieselsäure befreit. Man lässt sich Kupferoxydul bilden, welches energisch auf das Schwefelkupfer einwirkt, schweflige Säure bildet und so allmälig ein reineres Metall mit 89—95 pCt. Kupfer erzeugt. Zur Darstellung von sehr gutem Kupfer reduzirt man aus dem Weissmetall nur etwas Kupfer (Kupferböden) und erzeugt einen reineren Dünnstein, welcher dann erst auf Schwarzkupfer verschmolzen wird. Die Kupferböden werden für sich weiter verarbeitet, das Schwarzkupfer aber wird in Flammöfen bei Luftzuführung raffinirt. Hierbei geht besonders Eisen, Zink und Blei fort. Zur Entfernung von Antimon, Kobalt und Schwefel bildet man eine kupferoxydulreiche Schlacke, welche unter starker Entwickelung von schwefliger Säure diese Verunreinigung austreibt. Das Kupfer gleicht nun einem übergaren Rosettenkupfer und wird zur Entfernung des Oxyduls mit grünen Holzstangen umgerührt (gepolt). Hierbei entweicht namentlich auch die schweflige Säure, und das Metall wird endlich hammergar.

Auf nassem Wege wird das Kupfer nur aus armen oxydischen Erzen mit quarzigen Beimengungen, unter Umständen auch aus armen geschwefelten Erzen gewonnen; es kann nämlich das Kupfer in Wasser gelöst werden, wenn die Kiese verwittern; dies geschieht meist in Gruben oder Halden, und bilden sich Eisenoxydulsalze und Schwefelsäure, welche letztere die Verbindung von Kupfervitriol besonders begünstigt; endlich gehen auch Kobalt, Nickel und Arsen in Lösung. Schneller als die Verwitterung führt Röstung zum Ziele, doch bildet sich hierbei, namentlich bei Mangel an Schwefelkies, neben Kupfervitriol viel Kupferoxyd, welches nur durch verdünnte Salz- oder Schwefelsäure gelöst wird. Letztere greift das Eisenoxyd weniger an, die Schwefelmetalle bleiben unzersetzt, mit Schwefelsäure befeuchteter Kupferglanz oxydirt sich an der Luft vollständig. Oxydische Erze werden ebenfalls mit verdünnten Säuren behandelt, Rothkupfererz bleibt, mit Säuren befeuchtet, an der Luft liegen. Zur Gewinnung von

Nickel, Gold, Silber werden Schwarz- und Garkupfergranalien mit Säuren bei Luftzutritt behandelt. Geröstete kiesige und oxydische Erze werden Salzsäuredämpfen oder den gasigen Röstungsprodukten ausgesetzt. Letzteres geschieht besonders bei gerösteten Erzen, und man erhält als Nebenprodukt Eisenvitriol. Schwefelsaures Eisenoxyd verwandelt metallisches, oxydirtes und geschwefeltes Kupfer in Sulfat, man extrahirt daher oxydische Erze in Cementationsmutterlauge; geröstete Kiese werden schwerer angegriffen und deshalb vorher todt geröstet. Die Mutterlaugen, welche bei Niederschlagung des Kupfers aus salzsaurer Lösung durch Eisen erfolgen, enthalten nach längerem Stehen an der Luft Eisenchlorür und Eisenchlorid, man lässt sie auf schon extrahirte, aber noch kupferhaltige Erze einwirken und erhält chlorkalciumhaltige Lösung von Kupferchlorid; auch metallisches Kupfer wird gelöst. Mit Kochsalz befeuchteter Kies giebt allmälig Kupferchlorür, dann basisches Oxychlorid, welches durch Salzsäure extrahirt wird.

In neuester Zeit wird die Chorationsmethode im Grossen angewendet, man röstet die Kiese mit quarziger Gangart im Haufen, dann im Flammofen, bis die schwefelsauren Salze zerstört sind, setzt Kochsalz zu, röstet noch kurze Zeit und extrahirt. Nach einem neueren Verfahren röstet man nur so lange, bis das schwefelsaure Eisenoxyd zersetzt ist. Oxydische Erze bleiben mit Salzsäure befeuchtet 14 Tage liegen und werden dann erhitzt, bis sich die Thonerde und Eisenverbindungen zersetzt haben. Ganz ebenso verfährt man mit Cementationsmutterlauge und extrahirt im letzteren Fall mit Salzsäure, worin Eisenoxyd und Thonerde unlöslich sind. Mit Chlormagnesium getrocknete und geröstete Erze geben Kupferchlorid, welches durch Magnesit gefällt wird. Die Extraktion geschieht nach den gewöhnlichen Regeln, und zwar pflegt man nur die Laugen, seltener auch die Erze in Fässern zu bewegen. Bei kohlensauren Erzen unterstützt man die Extraktion durch Gebläseluft. Zur Reinigung der Lauge dient Luft (zur Fällung basischer Eisenoxydsalze) und Kalkstein (zur Fällung von Eisen, wobei die Lauge sauer bleiben muss). Zur Entfernung des Arsens erhitzt man mit Eisenlaugen vom Fällen, wobei arsensaures Eisenoxyd abgeschieden wird. Kalk schlägt auch Antimon nieder. Die Fällung des Kupfers (Cementation) geschieht durch Stab- oder Roheisen; Wärme und Zertheilung des Eisens befördern die Ausscheidung; die Laugen werden in Bewegung gehalten und das Eisen häufig abgefegt. Da schwefelsaures Eisenoxyd Eisen löst, so sorgt man für Entfernung des Oxyds vor der Fällung und verhindert während derselben den Luftzutritt. Das Cementkupfer ist mit Graphit, Eisen, Kieselsäure etc. verunreinigt und wird geschlämmt und gesiebt. Nach dem Kalziniren giebt es einen reinen Vitriol, da das Eisenoxyd von Schwefelsäure nur wenig gelöst wird und mit dem Vitriol nicht zusammen krystallisirt. Das reinste Cementkupfer wird nur selten direkt gar gemacht, sondern in der Regel zunächst auf Schwarzkupfer verschmolzen, unreines Material wird beim Steinschmelzen zugesetzt. Das Schwefelkupfer

wird abfiltrirt, abgepresst und im Schachtofen auf einen reichen Kupferstein verschmolzen, auch kann man Schwefel abdestilliren und den Rückstand rösten und auf Vitriol oder Schwarzkupfer verarbeiten[1]).

Die natürlichen Eigenschaften des Kupfers hängen sehr von seiner verhältnissmässigen Reinheit ab. Ganz reines Kupfer hat auf dem Bruche eine fast rosenrothe Farbe, metallischen Glanz und feinzackiges Gefüge, welches durch Schmieden und Walzen unvollkommen sehnig wird; Kupferoxydul macht das Kupfer ziegelroth bis bräunlichroth mit feinkörnigem dichtem Bruch; schmilzt dabei leichter als reines Kupfer, ist aber dickflüssiger, weniger fest und zäh, bei einem Gehalt von 1,1 pCt. wird es in der Kälte rissig (kaltbrüchig), bei 1½ pCt. auch in der Hitze. Blei, Zink, Antimon und Arsen machen das Kupfer roth- oder kaltbrüchig, gleichzeitig vorhandenes Oxydul ertheilt ihm wieder Geschmeidigkeit. Durch Blei wird andererseits das Kupfer walzfähiger, Eisen macht es hart und brüchig. $^1/_{1000}$ Antimon macht das Kupfer zur Darstellung von Messingblechen und Draht, nicht aber zum Walzen untauglich; dieselbe Quantität Wismuth vermindert die Dehnbarkeit, Arsenik wirkt ähnlich; Nickel macht das Kupfer spröde. Schwefel macht das Kupfer rothbrüchig, desgleichen 0,6 pCt. Zink und 0,25 pCt. Zinn.

Seine Härte steht der des Eisens weit nach und es ist um so weicher je reiner; es gehört zu den dehnbarsten, geschmeidigsten Metallen und lässt sich auch im kalten Zustande leicht biegen und mit dem Hammer bearbeiten; beim Schweissen von Kupfer wird das rothglühende Metall mit einem Gemisch von 1 Th. phosphorsaurem Natron und 2 Th. Borax bestreut und sofort unter den Hammer gebracht. Das Glühen vermindert die Festigkeit der Drähte, doch vergrössert sich dieselbe wieder beim langsamen Erkalten.

Das spezifische Gewicht von galvanisch gefälltem Kupfer ist 8,91, des geschmolzenen 8,92, des geprägten 8,93 und 1 Kubikmeter wiegt daher 8580—8930 Kilogr.

Das Kupfer schmilzt schwerer als Silber, leichter als Gold, Eisen und Platin bei 1000—2000° C. und ist sehr dickflüssig; beim Erstarren steigt das Kupfer in der Form, wird porös und blasig und eignet sich daher zu Gusswaaren nicht.

Bei trockener reiner Luft hält sich das Kupfer bei gewöhnlicher Temperatur unverändert, in einer feuchten Luft wird es oberflächlich braunroth und erhält endlich einen dichten grünen Ueberzug von halbkohlensaurem Kupferoxyd, der bei langsamer Bildung hohen Glanz und eine sehr schöne Farbe erhält (Aerugo nobilis, Verde antico, Patina fälschlich Grünspan genannt). Dieser Ueberzug entspricht dem Rost des Eisens, schützt aber

---

[1]) Eine spezielle Abhandlung über den hydrometallurgischen Prozess der Kupfergewinnung von Fr. Bode in Hannover brachte das Dingler'sche Journ. Band 231 Seite 254, 357, 429.

das darunter befindlichen Metall vor weiterer Oxydation. Erhitzt man Kupfer, so entstehen zuerst Regenbogenfarben, dann wird es braunroth vom Oxydul, dann endlich schwarz; beim Hämmern oder Ablöschen springt dieser schwarze Ueberzug ab (Kupferhammerschlag). Derselbe besteht aus äusserst dichtem und deshalb schwarzem Kupferoxydul und ist in dünnen Splittern rubinroth durchscheinend; zerrieben und dann erhitzt verwandelt er sich unter Anschwellen in Kupferoxyd. Man überzieht Kupferwaaren mit Kupferoxydul (rothe Bronze), indem man sie mit einem Brei von Eisenoxydul und Wasser anstreicht, dann erhitzt und abreibt, oder indem man sie einige Minuten mit einer äusserst schwachen Lösung von 2 Th. Grünspan, 1 Th. Salmiak und etwas Essig in Wasser kocht. In den Handel kommt das Kupfer in Blöcken, Barren, Platten, Kuchen, theils als Rosettenkupfer, dann verarbeitet zu Blechen und Drähten.

Ausser England produzirt Russland das meiste und beste Kupfer, welches man im europäischen Handel kennt; das japanesische, das reinste und beste Kupfer, wird meist in China und Ostindien selbst verbraucht; gutes Kupfer liefert ferner Schweden und Ungarn; auch die Kupferwerke in Sangerhausen im Mansfeldischen bringen gutes, dehnbares Kupfer in den Handel, als vorzüglich rein und sehr dehnbar ist das französische von Chessy bei Lyon bekannt.

Kupferblech wurde früher nur durch Hämmern dargestellt; das Garkupfer wurde glühend unter einem Hammer mit meisselförmiger Bahn in einzelne Stücke (Schrote) zerhauen und diese unter einem Hammer mit flacher Bahn erst einzeln, dann zu mehreren übereinander liegend ausgeschmiedet, dabei aber so oft wieder glühend gemacht, als sie während der Bearbeitung erkalteten. Zur Darstellung von Walzkupferblech giesst man das Kupfer in dicke Tafeln, streckt diese glühend unter Hämmern mit breiter Bahn auf etwa 0,015 mm. Stärke und bringt sie dann glühend oder besser kalt unter die Walzen; in letzterem Falle müssen die Bleche wiederholt erhitzt werden. Von Glühspan reinigt man das Blech in England durch das Pickeln; man legt es 4—5 Tage in Urin, lässt es abtropfen, erhitzt es in einem mässig heissen Flammofen schnell zum schwachen Glühen und löscht es in kaltem Wasser ab. Schliesslich werden die Bleche auf einer Eisenplatte mit hölzernen Hämmern ausgeklopft, beschnitten, gewogen und sortirt.

Die Kupferblechtafeln haben in der Regel 0,75 m. bis 0,90 m. Breite und 1,5 bis 1,8 m. Länge bei verschiedenen Dicken, wonach 1 □ m. 2¾ bis 17½ Kilogr. wiegt; das schwächste Kupferblech (von 0,5 mm. und manchmal noch weniger Dicke) wird zusammengerollt verkauft und wird Rollkupfer oder Flickkupfer genannt; die stärkeren Sorten erhalten nach ihrer Bestimmung die Namen Dachblech; Rinnenblech, Schlauchblech, Schiffsblech und Pfannen- oder Malzdarrenblech.

Reines Kupferblech auf galvanoplastischem Wege hergestellt, dient der

Kupferstichkunst; da jedoch eine gestochene Kupfertafel nur 1000 gute und weitere 1500 brauchbare Abdrücke gestattet, so vervielfältigt man wohl die Original-Platte durch Galvanoplastik, oder verstählt sie.

Die Verstählung von Kupferplatten, vor länger als 30 Jahren von Prof. Böttger in Frankfurt a. M. entdeckt, beruhte bisher auf der Anwendung von schwefelsaurem Eisenoxydul-Ammoniak auf galvanoplastischem Wege; in neuerer Zeit aber löst Böttger 10 g. Ferrocyankalium, 20 g. weinsaures Kalinatron in 200 kbcm. destillirtem Wasser und fügt dazu eine Auflösung von 3 g. schwefelsaurem Eisenoxyd in 50 kbcm. Wasser. Hierdurch entsteht eine massenhafte Ausscheidung von Eisencyanür-Cyanid (Berlinerblau). Setzt man nun dem Ganzen tropfenweise unter fortwährendem Umrühren so lange eine Aetznatronlösung hinzu, bis der blaue Niederschlag wieder verschwunden ist, so erhält man eine vollkommen klare Flüssigkeit, die nun direkt zum Verstählen benutzt werden kann. Der auf der Kupferplatte niedergeschlagene Stahl bildet eine äusserst dünne glänzende Schicht von ungewöhnlicher Härte und Widerstandsfähigkeit. Falls nach längerem Gebrauch durch das Drucken die Verstählung gelitten haben sollte, lässt sich der dünne Ueberzug leicht durch Salzsäure entfernen und kann in wenigen Augenblicken wieder frisch gebildet werden[1]).

Um Kupfer oder Messing mit einer spiegelglänzenden Schichte von Zink zu bekleiden, wählt man nach Prof. Böttger eine Auflösung von Zinkoxydkali oder Zinkoxydnatron; eine solche Lösung ergiebt sich durch längeres Sieden von Zinkgrau in einer konzentrirten Lösung von Aetzkali oder Aetznatron. Wird das metallreine Kupfer oder Messing in die siedende Flüssigkeit gebracht, so wird durch den Kontakt des zu dem Zinkpulver sich elektronegativ verhaltenden Kupfers die alkalische Zinksolution zerlegt, und schlägt sich auf die Kupfer-Oberfläche eine spiegelglänzende Zinkschicht bei fortgesetztem Erhitzen nieder[2]).

Das Dachblech zum Dachdecken ist gewöhnlich 0,50 mm. stark, 0,75—0,90 m. lang und 0,75 m. breit, wobei 1 □ m. Dachdeckung incl. Falz nahezu 5½ Kilogr. wiegt; Rinnenblech hat eine Dicke von 0,75 mm.; die Tafel ist 1,5 m. lang, 0,45 m. breit, 3—3½ Kilogr. schwer; Schlauchblech kommt in Tafeln von 1,8 m. Länge, 0,30—0,54 m. Breite vor und wiegt pro □ m. nahezu 11 Kilogr.; Schiffsblech wird in England 1,22 m. lang, 0,35 m. breit und 1 mm. dick gemacht und dient zum Verkupfern der Schiffe; 1 □ m. wiegt ungefähr 8,8 Kilogr. Pfannen- oder Malzdarrenblech hat Tafeln zu 3,6 m. lang, 1,8 m. breit, 2,00 mm. dick und wiegt nahezu 4 Centner.

Zur Herstellung von Kupferdraht verwendet man entweder gegossene quadratische Stäbe, die man rund schmiedet und dann dem Drahtzuge

---

[1]) Deutsche Industrie Zeitung 1876. S. 316.

[2]) Chemisches Centralblatt 1875. S. 345.

überliefert, theils werden von gewalzten oder geschmiedeten Platten Streifen (Regalen) abgeschnitten, denen dann durch Ziehen die runde Gestalt gegeben wird; das Ziehen der dicksten Drähte erfolgt unter Anwendung der Schleppzange; von 6—8 mm. Durchmesser abwärts geschieht das Ziehen nur auf Scheiben.

Kupferdrähte werden in Ringen von $\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$, 5, 10 und $12\frac{1}{2}$ Kilogr. verkauft. Sie kommen von ausserordentlicher Feinheit bis zu einer Stärke von 21,90 mm. vor. Die stärksten Sorten abwärts bis zum Durchmesser von 1,5 mm. heissen im Handel Musterdrähte, die übrigen dagegen Scheibendrähte. In Hinsicht auf Stärke beginnen die Musterdrähte mit No. 1 und gehen bis No. 30 und 48, die Scheibendrähte beginnen mit der letzten No. 36 und gehen bis No. 6 als der ersten Nummer mit 0,19 mm. Dicke.

Kupferne Nägel werden häufig beim Schiffbau gebraucht, um den Kupferbeschlag an den Seeschiffen zu befestigen; eiserne Nägel würden durch elektrische Wirkung schnell der Zerstörung unterworfen sein. Die Nägel werden entweder in Sandformen gegossen oder vom Nagelschmied aus der Hand geschmiedet; kupferne Nieten zum Gebrauche bei kupfernen Siedpfannen etc. werden häufig auch durch Guss gewonnen.

Um auf Kupfer einen schönen rothbraunen Ueberzug zu erzeugen wendet man in Deutschland folgendes Verfahren an: 1 Th. gepulverte Hornspäne, 4 Th. Eisenroth oder Eisenbraun und 4 Th. Grünspanpulver werden mit etwas Essig zu einem feinen Pulver verrieben; das gut gereinigte Kupfer wird damit bestrichen und solange über Steinkohlenfeuer gehalten bis der Ueberzug trocken oder schwarz geworden ist. Dann wird das Metall abgewaschen und getrocknet.

Beim chinesischen Verfahren nimmt man 2 Th. Grünspan, 2 Th. Zinnober, 5 Th. Salmiak, 5 Th. Alaun und rührt alles mit Wasser oder Essig zu einer breiartigen Masse an; das Ueberziehen der blanken Kupferfläche, das gleichmässige Erhitzen, Waschen und Trocknen sind mehrmals zu wiederholen, bis die erwünschte Färbung da ist; ein Zusatz von Kupfervitriol soll die Farbe mehr kastanienbraun, von Borax mehr gelb machen.

Das Zink.

Die Geschichte des Zinks bietet eines der wenigen Beispiele, dass ein Naturkörper in seinen Verbindungen, ja in mannigfachen Anwendungen schon in sehr früher Zeit und ziemlich allgemein bekannt war, während er selbst seiner Natur und Wesen nach, d. h. in reinem Zustande, erst nach Jahrtausenden erkannt worden ist, denn die Darstellung des Messings

aus Kupfer reicht in die Frühzeit der Geschichte; in den Büchern Mosis ist wegen Einrichtung der Stiftshütte wiederholt von erzenen Füssen und Geräthschaften die Rede, und bei Einrichtung des Salomonischen Tempels wurden grosse Massen Erz verwendet, welche der Werkmeister Hiram in Tyrus verarbeitete; auch in Griechenland wurden eine ungeheure Menge eherner Kunstwerke geschaffen, von denen der Koloss von Rhodus besondere Berühmtheit sich erworben hat. Die erste Nachricht über das Messing erhalten wir von Aristoteles, der angiebt, dass das Mössinözische Erz nicht vermöge eines Zusatzes von Zinn glänzend und hell sei, sondern mit einer dort am schwarzen Meere vorkommenden Erde mit Kupfer zusammengeschmolzen werde. Plinius bezeichnet das erzhaltige Gestein, welches das Kupfer färbt, mit dem Namen Kadmeia, das besonders häufig jenseits des Meeres, ehemals auch in Kampania, und jetzt besonders im Gebiete der Bergomaten am äussersten Ende Italiens, aber auch in der Provinz Germania gefunden wird. Man bereitet Erz aber auch aus einer anderen Art Gestein, das man auf Kypros, wo man überhaupt die Bearbeitung des Kupfers erfunden hat, Chalkitis nennt; als vorzüglichste Beimengung zum Erz wurde das Aurichalcum geschätzt; erst im 16. Jahrhundert ward Zink als eigenes Metall von Paracelsus unterschieden und erhielt seinen jetzigen Namen; es mag unentschieden bleiben, ob unser alter Chemiker den Namen vom deutschen Zinken (Zacken), in bezug auf die Eigenschaft des Metalls, sich in den Oefen zackenförmig anzusetzen, hergeleitet, oder ob er die persische Etymologie Kar-thini (chinesisches Eisen) dem deutschen Namen zu Grunde gelegt habe.

Ehe man in Europa Zink in grösserer Menge darstellte, erhielt man dasselbe aus China, von wo es die Holländer, später die Engländer ausführten, und es geht die Sage, dass die Stätte der ersten Zinkdarstellung dieses so oft als das erste Kulturland bezeichnete China sei.

Das Zink gehört zu den sehr häufig vorkommenden Metallen, es findet sich niemals gediegen, sondern stets mit anderen Stoffen in Verbindung.

Zur Zinkgewinnung dienen hauptsächlich folgende Zinkerze: Zinkspath oder edler Galmei (kohlens. Zinkoxyd), Kieselgalmei und Zinkblende (Schwefelzink); seltener verhüttet man Zinkblüte und Rothzinkerz.

Galmei (Zinkspath), das wichtigste Zinkerz, ist entweder reines Zinkcarbonat und enthält dann 35 pCt. Kohlensäure und 65 pCt. Zinkoxyd, oder es ist mit mehr oder weniger Bleioxyd, Mangan, Eisenoxydul, Kalk, auch mit Magnesia verbunden.

Zinkblende (Schwefelzink) besteht aus 33 pCt. Schwefel und 67 pCt. Zink, tritt selten selbstständig auf und ist ein gewöhnlicher Begleiter von anderen Erzen sowohl auf Erzlagern als auf Gängen des krystallinischen und Uebergangsgebirges; früher fand sie keine Anwendung, in neuerer

Zeit wird sie auf Zink verhüttet, wie z. B. in Davos, in Graubündten, im Siegen'schen, in England.

Die reichste Galmeilagerstätte ist die im Muschelkalk des oberschlesischen Plateaus von Tarnowitz und im angrenzenden Polen; ebenso lagert er im Muschelkalk von Wiesloch in Schwaben, in alpinen Triaskalken von Raibl und vom villacher Bleiberg in Kärnthen, von Feigenstein bei Nassereit in Tyrol, von Rauschenberg bei Reichenhall in Bayern, im Bergkalk der Mendiphills zu Durham, im devonischen Kalkstein von Brilon in Westphalen, insbesondere aber vom (Vieille montagne) Altenberg bei Aachen und von Namur in Belgien.

Die Ablagerungen tragen überall den Charakter von Quellbildungen und zeichnen sich durch ihre Unregelmässigkeit aus. Nicht selten sind Versteinerungen umgewandelt in Galmei, wie im wieslocher Muschelkalk. Aehnlich ist sein Auftreten in den Bleilagerstätten von Wiskonsin und im Uebergangsgebirge von Lawrence County in Arkansas. Ein neueres sekundäres Vorkommen ist das im Braunkohlenthon von Bergisch-Gladbach. Ausserdem kommt Galmei auch auf Erzgängen vor, wie z. B. zu Rezbanya im Banate.

Die Darstellung des metallischen Zinks beruht auf der Reduktion des Zinkoxyd durch Kohle, oder durch blosses Erhitzen der Erze (kohlensaures Zinkoxyd), oder durch Erhitzen bei Luftzutritt, durch Rösten geschwefelter Erze (Zinkblende). Kieselsaures Zinkoxyd wird bei hoher Temperatur durch Kohle allein, leichter bei Anwesenheit von Kalk reduzirt.

Das Brennen des Galmeis wird bei grösseren Stücken in wechselnden Brennmaterial-Schichten in Schachtöfen vorgenommen; er verliert dabei seine Kohlensäure sowohl als wie sein Wasser. Zum Rösten der Zinkblende dienen zweiherdige Fortschaufelungs-Flammöfen, wobei die gepulverte Blende in immer höherer Temperatur vorrückt und unter Luftzutritt in schwefels. Zinkoxyd übergeführt wird. Durch Einwirkung hoher Temperaturen entweicht auch die Schwefelsäure und es verbleibt als Röstgut Zinkoxyd mit etwa 1 bis 2 pCt. Schwefel.

Eine neuere Methode Zinkblende zu rösten verwendet die sonst zu Verlust gehende schweflige Säure zur Schwefelsäuregewinnung, die hierzu nöthigen Röstöfen sind nach Hasenclever-Helbig's Konstruktion.

Dem gerösteten Produkte, nämlich dem Zinkoxyd wird dann durch starkes Erhitzen mit Kohle sein Sauerstoff entzogen und dadurch das Zink frei gemacht.

Da Zink in der Hitze flüchtig ist, so erfordert die Reduktion durchweg verschlossene Apparate (Zinkdestilliröfen), wie sie zur Destillation nöthig sind. Die entwickelten Zinkdämpfe treten hierbei in besondere Kondensationsgefässe (Vorlagen) und dürfen nicht mit den sie oxydirenden Feuergasen zusammenkommen.

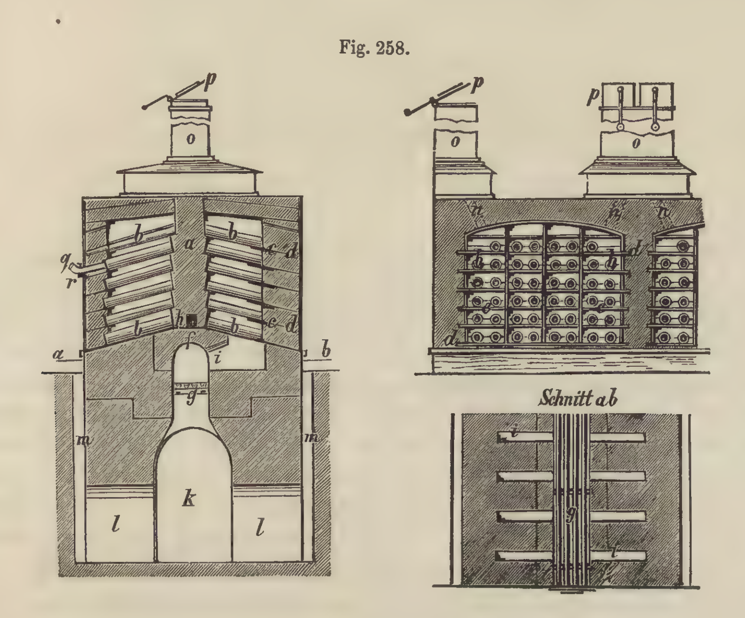
Die gegenwärtigen Zinkdestillirmethoden haben sich im Laufe der

Zeit auf die belgische Methode in Röhren oder Retorten und die schlesische Methode in Muffeln beschränkt.

Der englische Ofen mit Tiegelapparat ist gegenwärtig ganz aufgegeben, weil er bei sehr grossem Kohlenverbrauch eine verhältnissmässig geringe Ausbeute ergab.

Die Destillation in horizontalen Röhren: kann als die belgische Methode bezeichnet werden, dieselbe hat sich in der Gegend von Lüttich seit dem Beginn dieses Jahrhunderts bis auf den heutigen Tag als äusserst bewährt erwiesen; die Einrichtung der neueren belgischen Zinköfen ist in Fig. 258 dargestellt: der durch eine Mittelmauer a getrennte

Fig. 258.

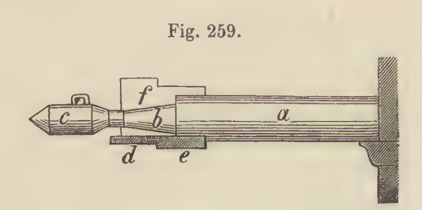


Ofen nimmt auf jeder Seite je 46 schrägliegende Röhren b von etwa 1 m. Länge und 15 cm. Durchmesser in sich auf; ihr hinteres Ende stützt sich auf einen Steinvorsprung bei a, ihr vorderes Ende liegt auf einer Thonplatte c mit unterschobener Eisenplatte d. In g befindet sich die Rostfeuerung und durchdringt das hier unterhaltene Feuer die Schlitze bei i i und umspielt in beiden Abtheilungen die mit der Beschickung versehenen Röhren; durch die Füchse n n ziehen die Verbrennungsgase in die mit einer Klappe p regulirbare Esse o; unter dem Ofen befinden sich bewölbte Räume zur Aufnahme der beim Ofenbetriebe sich ergebenden Röstrückstände, und werden diese durch die Kanäle m herabgeworfen.

Sind die Röhren mit Zinkerz, mageren Steinkohlen und Koksklein gefüllt, so setzt man eine Vorlage von Thon q an dieselben an, und

steckt, sobald sich an letzterer eine Zinkflamme zeigt, den Blechballon r an, in welchem sich dann der anfangs entstehende Zinkstaub ablagert. Kommt der Ofen in volle Glut, so werden die Ballons von Zeit zu Zeit abgenommen und entleert, was so lange fortgesetzt wird, bis der Destillationsprozess beendet ist. Das in den Vorlagen kondensirte Zink wird in einer Kelle aufgefangen und in eiserne Formen zu Platten vergossen. Zur näheren Erklärung dient Fig. 259, welche die belgische Vorlage in grösserem Massstabe darstellt: a Röhre hinten auf den Vorsprung g liegend, b Vorlage, c Ballon, d Eisenplatte, f Steine zur Stütze der Thonplatte e.

Fig. 259.



Die Destillation in Muffeln: Der in Oberschlesien gebräuchliche Ofen zur Zinkdestillation ist ein Doppelofen, zu 24 Muffeln eingerichtet, von denen die Hälfte nach der einen, die Hälfte nach der anderen Seite ausmündet (Fig. 260). Zwischen beiden Muffelreihen befindet sich an der Sohle des Ofens ein langgestreckter Einschnitt, in dessen Vertiefung sich eine Feuerung befindet, die von der einen Seite des Ofens aus geschürt wird, während an der entgegengesetzten Seite der Schornstein sich befindet. Der Destillationsraum, in dem die Muffeln sich befinden, ist mit einem sehr flachen Gewölbe überdeckt. Die Verbrennungsgase gehen nicht direkt, sondern durch eigens angelegte und regulirbare Füchse in den Schornstein, so dass die Hitze nach Bedürfniss bald hier bald dort verstärkt oder verschwächt werden kann. Die Muffeln a liegen zu je zwei mit ihren vorderen Stirnseiten in einem sie niedrig umschliessenden Vorlagegewölbe; während sie sonst in ihrer anderweitigen Länge in den gemeinsamen Herdraum eingreifen, sind zwei nahezu 36 Kilogr. Beschickung fassende Muffeln auf die Herdsohle so aufgestellt, dass nur ihre Stirnseiten in den Vorlageraum eingreifen, so werden die Zwischenräume, die die Muffeln gegen den gemeinsamen Herdraum lassen, mit Ziegelstücken und Lehm verstrichen, damit das Feuer vom Herde nicht in die Vorlagegewölbe eindringen kann. Die Mündung der Muffel im Vorlageraum ist mit einer genau passenden Thonplatte geschlossen, diese hat zwei Ausschnitte, von denen der eine zum Herausnehmen der Destillationsrückstände dient, der andere dagegen die Unterlage für den Hals der sogenannten Vorlage abgiebt. In diese Vorlage, aus einem thönernen Oberstück e (Fig. 261), nebst Blechröhren f und g bestehend, tritt bei der Destillation das Metall in Dampfform ein, wird

hier tropfbar flüssig und fällt durch das untere Rohr der Vorlage in die Tropflöcher ein. Die Sohle dieser Tropflöcher ist mit eisernen Platten versehen, welche ringsum einen aufwärts gebogenen Rand haben, um das Ueber-

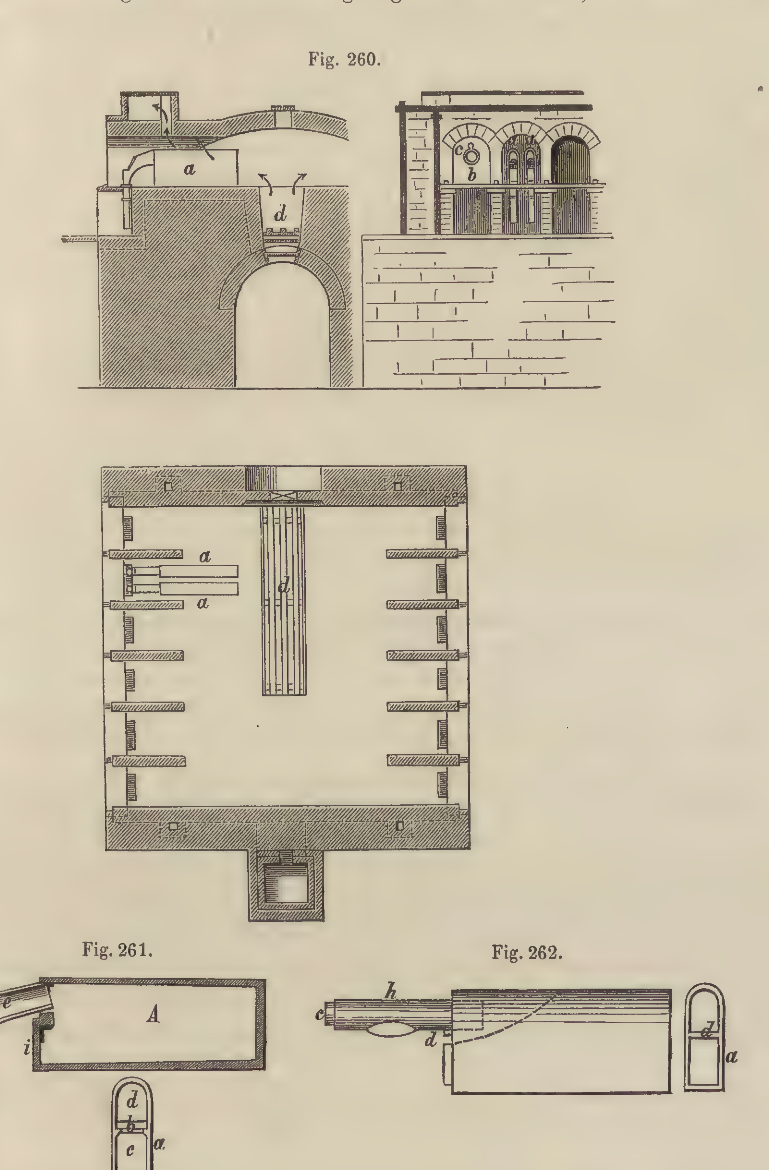


Fig. 260.

Fig. 261.

Fig. 262.

fliessen des im Tropfloche sich ansammelnden Zinkes zu verhüten. Während der Destillation verwahrt man die Nischen unter den Bögen bei b durch

eine Art Vorsatzthür von Eisenblech, in welcher wohl ein verschliessbares Schauloch c angebracht ist, um den Prozess im Innern des Destillirapparates beobachten zu können. 24 Stunden reichen hin, um den Inhalt jeder Muffe abzutreiben; das bei der Destillation zuerst Uebergehende ist Kohlenoxyd mit etwas Feuchtigkeit und Zink, halb im metallischen und halb im oxydischen Zustande (Zinkstaub), welche letzteren beide mehr und mehr an Menge zunehmen, bis mit steigender Temperatur der Vorlage allmählig tropfbares Zink erscheint und die Destillation in eigentlichen Gang kommt.

Diese schlesischen Zinköfen sind in neuerer Zeit wesentlich verbessert worden; um Brennmaterial zu ersparen, wurde für sie die Gasfeuerung und namentlich das Regenerativverfahren von Siemens eingeführt; die Produktion wurde vergrössert und ergab sich dadurch eine Vermehrung der Destillirgefässe, Umwandlung der runden Röhren in elliptische und der weiten Muffeln in hohe, schmale; Herstellung dichterer Gefässe aus Quarzmasse — statt aus feuerfestem Thon, und endlich durch Verwendung der Rückstände zur Darstellung von Zinkweiss.

Eine wesentliche Verbesserung haben auch die Vorlagen gefunden, wie dies Fig. 262 sichtbar macht: a ist die durch einen Steg d getheilte Muffel; die untere Abtheilung der Muffel ist durch eine Platte von aussen verschliessbar, in die obere Abtheilung greift die Vorlage in Gestalt einer gebauchten Thonröhre b ein, in c befindet sich ein Rohrstutzen, auf welchen der Ballon zur Aufnahme des destillirten Zinks in Staubform gesteckt wird. Das im Bauch der Vorlage b angesammelte flüssige Zink kann entweder durch eine mit einem Thonpfropfen verschlossene Oeffnung nach unten hin abgestossen oder aus der vorderen Mündung ausgekrätzert werden.

Die vielfachen Versuche die Darstellung des Zinks auf einem mehr hüttenmännischen Verfahren zu begründen, haben trotz vielfacher Anstrengungen genügende Resultate noch nicht ergeben; Prof. Lesoine in Verbindung mit Dr. E. Schmidt haben sich bemüht eisenhaltige Zinkerze im Hohofen zu verhütten, während der Chemiker Schaffer und Ing. Braun am Altenberg, um die Reduktion der Zinkerze in geschlossenen Gefässen zu erzielen, einen Ofen erdachten, in welchem die grosse Anzahl kleinerer Gefässe durch eine einzige grosse aus Platten gemauerte Muffel ersetzt werden sollte. Von denselben Technikern wurden auch Anstrengungen gemacht, die Zinkerze auf nassem Wege zu verarbeiten; ebenso ist abzuwarten, ob die neu erdachte Ofenanlage zur besseren Verwerthung gemischter Erze von Biron und Grandfils erhofften Erfolg haben wird[1]).

In neuester Zeit ist es auch nach vielfachen missglückten Versuchen gelungen, ein neues Gasfeuerungssystem für Zinköfen ins Leben zu rufen[2]).

---

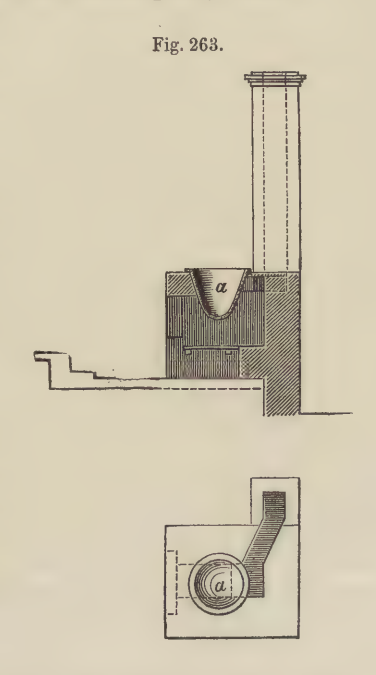
[1]) Die Fortschritte der Zinkindustrie siehe deutsche Industrie Zeitung 1879. S. 116. Wagners Jahresberichte 1878 S. 255. F. A. Thum. Berg- und Hüttenmannsche Zeitung 1877. S. 369 und 1878 S. 37 etc.

[2]) O. Loiseau: Revue universelle 1878 tom. IV p. 303.

Es ist nicht zu vermeiden, dass ein Theil des Zinks beim Zutritt der Luft verbrennt, daher denn auch weisses Zinkoxyd sich in dem Zinkbehälter ansammelt und in den Hälsen der Vorlagen absetzt; auch fliegt in dem Hüttengebäude lockeres Zinkoxyd (lana philosophica) umher.

Das rohe Zink, Tropfzink, das Produkt der ersten Destillation, wird nun in den meisten Fällen einem Umschmelzen unterworfen, und dient hierzu ein Kessel a (Fig. 263), welcher nahezu 8 Zentner fasst. Ist das Metall vollständig in Fluss gebracht und hat sich die Unreinlichkeit, hauptsächlich aus Zinkoxyd mit etwas metallischem Zink bestehend, an der Oberfläche angesammelt, so wird es „abgeschäumt", und man hat dann ein von den gewöhnlichen Verunreinigungen befreites Metall, das jedoch noch immer 2 — 3 pCt. Blei enthält. Soll dieses Blei ausgeschieden werden, so lässt man das Zink so lange ruhig stehen, bis es sich nahe zu seinem Schmelzpunkte abkühlt; das Blei wird dann seines grösseren Gewichtes wegen ausgeschieden und bleibt am Boden des Kessels zurück.

Fig. 263.



Zum Raffiniren des durch Destillation gewonnenen Zinks (Werkzink) verwendet man auch in neuerer Zeit eigens konstruirte Flammöfen. Das Werkzink oder Tropfzink (weil es aus einzelnen aneinandergefügten Tropfen besteht) wird nun in Kesseln, welche aus feuerfestem Thon, gleich den Muffeln, gefertigt sind, umgeschmolzen, dann lässt man die geschmolzene Masse in gusseiserne Eingüsse laufen und erhält dadurch in zolldicken Platten das Kaufzink oder Gusszink.

Es hat eine ins Bläuliche ziehende graulichweisse Farbe und lebhaft silberglänzenden Bruch; dieser ist krystallinisch blättrig-strahlig, so lange es noch keinen Druck durch Walzen oder Hämmern erlitten hat. Es ist nicht besonders hart, aber geschmolzen und wieder erkaltet so spröde, dass es unter Hammerschlägen in Stücke springt und sich selbst mit der Hand brechen lässt. In der Kälte besitzt es unbearbeitet keine Dehnbarkeit, wird jedoch dehnbar, wenn sein krystallinisches Gefüge durch Walzen zerstört ist. In der Wärme wird es vollkommen dehnbar, lässt sich dann walzen, ziehen, biegen und ist bei einer Temperatur von 120° R. am dehnbarsten, wird dagegen bei 160° R. wieder so spröde, dass es sich in einem

Mörser zerstossen lässt. Es oxydirt an feuchter Luft, überzieht sich mit einem weisslichgrauen Suboxyd und wird matt; dieses Oxyd hemmt die fernere Einwirkung der Luft, bildet somit einen schützenden Ueberzug. Bei einer Hitze von 329° R., welche geringer ist, als die der anfangenden Rothglühhitze, schmilzt es schon, verwandelt sich bei starker Rothglühhitze in Dampf und ist daher destillirbar, in der Weissglühhitze an der Luft verbrennt es mit grünlicher Farbe, unter Ausstossung weissen Rauches.

Das spezifische Gewicht schwankt zwischen 6,85 und 7,00, bei Blech und Draht steigt es aber auf 7,2—7,3.

Das Zink wird zu Blechen von verschiedener Grösse und Stärke ausgewalzt, zu Draht gezogen, zu Nägeln verarbeitet, dient als Gussmaterial und zur Herstellung von Legirungen der verschiedensten Art; auch als Farbe und zwar als Ersatz von Bleiweiss wird das Zink als Zinkweiss und als Zinkgrau vielfach benutzt[1]).

Zur Herstellung von Blechen wird das Zink je nach der Beschaffenheit desselben umgeschmolzen, theils auch nicht, was wohl weniger von der Qualität der Erze, als von der Behandlung des Zinks beim Schmelzen abzuhängen scheint. Die Zinkplatten werden in Anwärmöfen zu einer nur geringen Wärme erhitzt (eine Probe ist die, dass der Arbeiter die flache Hand darauf leiden kann). Auch die Walzen des Walzenwerkes müssen eine ähnliche Temperatur haben (100° R.). Die Bleche kommen von 0,60—1,8 m. Länge, 0,54—1,0 m. Breite vor, als Dachbleche, Rinnbleche und sogenannte Musterbleche. Beifolgende Tabelle giebt die Stärkenskala der in dem Handel vorkommenden Zinkbleche, deren Grösse und Stärke.

Die ganz dünnen Zinkbleche von No. 1 bis No. 8 werden zu durchbrochenen Gegenständen, Fenstervorsätzen, Sieben, Käfigen etc. angewendet; dieselben dienen auch zur Anfertigung von Reisespiegeln, Tabletts aller Art und überhaupt zu allen leichten, unter dem Namen „Pariser Waaren" bekannten Artikeln. Die Nummern 9 und 10 finden Hauptanwendung bei der Laternen- und Lampenfabrikation, auch eignen sich dieselben zu gestampften Verzierungen, wie zu Wandbekleidungen feuchter Zimmer. Die Zinkbleche No. 11, 12, 13 dienen zur Anfertigung vieler Hausgeräthe, Eimer, Wasserkübel, Giesskannen, Wasserrinnen. No. 14 eignet sich hauptsächlich zur Dachdeckung, No. 15 und 16 wird zu Sitzbädern und Böden für Badewannen, auch zu Beschlägen von Schiffen angewendet. No. 17 dient zu Wasserkisten; No. 18, 19 und 20 finden Anwendung zu Pumpenröhren, grossen Becken und Reservoirs; mit besonderer Vorliebe verwendet man in neuerer Zeit gewellte oder kannelirte Zinkbleche; die durch ihre grosse Steifigkeit ohne Bretterschalung zum Dachdecken verwendet werden können; eine solche Deckung ist zwar nicht billiger trotz

[1]) Das Nähere bringt das Kapitel Farbstoffe.

des Wegfalls einer Schalung, da die Zinkbleche eine bedeutende Oberfläche besitzen; der Hauptvortheil aber dieser Bleche liegt darin, dass sie von beiden Seiten ungehindert von der atmosphärischen Luft umspült sind, und sich demnach gleichmässig mit der sie schützenden Suboxydschicht überziehen.

Die Zinkbleche lassen sich in der Kälte wegen ihrer Sprödigkeit nicht falzen und müssen daher vor dieser Manipulation erwärmt werden; um das

Stärke-Skala.	Nr.	Dicke in Millimeter.	Annäh. Gewicht per □ Meter in Kilogr.	Annäherndes Gewicht per 1 Tafel in Kilo und Gramm[1]). Grösse in Millimeter.		
				650 × 2000 = 1,300 □ Met.	800 × 2000 = 1,600 □ Met.	1000 × 2000 = 2 □ Met.
	1	0,1	0,70	0 Kilo 91 Grm.	...	...
	2	0,143	1	...	1 Kilo 600 Gr.	...
	3	0,186	1,30	...	...	2 Kilo 600 Gr.
	4	0,228	1,60	...	...	3 - 200 -
	5	0,271	1,90	...	...	3 - 800 -
	6	0,318	2,23	...	...	4. - 460 -
	7	0,366	2,56	...	...	5 - 120 -
	8	0,413	2,89	...	...	5 - 780 -
	9	0,460	3,22	...	5 Kilo 150 Gr.	6 - 440 -
	10	0,554	3,88	5 Kilo 40 Grm.	6 - 210 -	7 - 760 -
	11	0,648	4,54	5 - 900 -	7 - 260 -	9 - 80 -
	12	0,743	5,20	6 - 760 -	8 - 320 -	10 - 400 -
	13	0,837	5,86	7 - 620 -	9 - 370 -	11 - 720 -
	14	0,932	6,52	8 - 470 -	10 - 430 -	13 - 40 -
	15	1,025	7,18	...	...	14 - 360 -
	16	1,119	7,84	...	...	15 - 680 -
	17	1,309	9,16	...	...	18 - 320 -
	18	1,497	10,48	...	...	20 - 960 -
	19	1,686	11,80	...	...	23 - 600 -
	20	1,873	13,12	...	...	26 - 240 -
	23	2,439	17,08	...	...	34 - 160 -
	26	3,003	21,04	...	...	42 - 80 -
		3,5	24,50	...	...	49 - — -
		4	28	...	...	56 - — -
		5	35	...	...	70 - — -
		6	42	...	...	84 - — -
		7	49	...	...	98 - — -

[1]) Die verschiedenen Nummern sind nur in denjenigen Grössen vorräthig, bei welchen in der betreffenden Kolonne das Gewicht für die einzelne Tafel ausgesetzt ist.

Wärmen der Bleche auf dem Dache selbst vermeiden zu können, giebt man den Zinkblechen eine entsprechende Form bereits in den Werkstätten, um sie dann leicht durch Haftbleche und durch Ineinanderschieben auf der Dachschalung befestigen zu können; hierbei ist darauf zu sehen, dass alle Bleche beim Temperaturwechsel sich gehörig ausdehnen und wieder zusammenziehen können. Zink nämlich dehnt sich beim Erwärmen unter allen Metallen am stärksten aus, diese Ausdehnung beträgt bei einem Temperaturwechsel von 0—100° im Längendurchmesser $\frac{1}{340}$; ist das Zinkblech durch eine Befestigung nach allen Seiten hin an seiner freien Ausdehnung gehindert, bekommt es bald Risse und Sprünge; zur Befestigung von Zinkblechen dürfen eiserne Nägel nicht verwendet werden, am besten wendet man Zinknägel, die aber sehr brüchig sind, an; die Schalung, auf welche die Zinkbleche zu liegen kommen, muss aus gut ausgetrockneten, nicht zu starken aber schmalen Brettern so hergestellt werden, dass zwischen den einzelnen Schalbrettern offene Fugen zum Zutritt der Luft gelassen werden; Zinkdachungen auf feuchten und vollständig dichten Bretterschalungen oder in Berührung gebracht mit dem Kalkmörtel, werden oft in einem Jahre vollständig zerstört; um einen reichlichen Luftzutritt bei den Zinkdachungen zu erzielen, wendet man daher in neuester Zeit vielfach das gewellte Zinkblech an, das die Schalung nur in einzelnen Punkten tangirt.

Zinkbleche für den häuslichen Gebrauch statt des Weissbleches zu verwenden, haben sich nicht bewährt, ja sie mussten aus medizinischen Gründen untersagt werden. Wegen der leichten Löslichkeit des Zinkes auch in den schwächsten Säuren dürfen selbst Fruchtsäfte, sauere Gemüse etc. mit Zinkgeschirren nicht in Berührung gebracht werden, indem sie in diesem Falle Salze bilden, welche äusserst schädlich und in der ersten Wirkung heftig brechenerregend sind. Um nun das Zink auch für häusliche Zwecke statt des Weissbleches brauchbar zu machen, hat man vorgeschlagen, es zu verzinnen. Zu dem Ende ist es nothwendig, dass das Zinkblech vorher eine völlig reine metallische Oberfläche erhalte. Dies wird dadurch erreicht, dass man den zu verzinnenden Gegenstand aus Zinkblech in ein Gemisch von 2 Theilen Salpetersäure, 1 Theil Schwefelsäure, in 3 Theile Wasser eintaucht. Das hierdurch gereinigte Zink wird hierauf mit einer Lösung von 2 Theilen Weinstein, 1 Theil Zinnsalz, 6 Theilen Wasser eingerieben.

Nach Pettenkofer's direkt angestellten Versuchen kann angenommen werden, dass von einer Zinkoberfläche binnen 27 Jahren 8,381 Gramm per Quadratfuss oxydirt werden, wovon nahezu die Hälfte durch das atmosphärische Kondensations-Wasser fortgeführt wird. Wenn daher auch die Oxydschichte das weitere Fortschreiten des oxydirenden Prozesses im darunterliegenden Metall nicht völlig verhindern kann, so schreitet doch jedenfalls die Zerstörung äusserst langsam vorwärts, wahrscheinlich um so langsamer, je höher die Oxydationsdecke wird; demgemäss würde ein Zinkdach von gewöhnlicher Blechstärke 200jährige Dauer haben.

Um dem Zinkblech zum Dachdecken eine intensivere Farbe zu geben, färbt man es wohl schwarz und zwar durch eine Flüssigkeit, welche aus gleichen Gewichtstheilen von chromsaurem Kali und Kupfervitriol in 60 Wasser Gewichtstheilen gelöst besteht. Die zu schwärzenden Zinktafeln werden vorher mit verdünnter Salzsäure und feinem Quarzsande blank geputzt; dann taucht man sie einige Augenblicke in die zubereitete Solution ein, wonach sich sofort auf der Oberfläche ein locker darauf haftender sammetschwarzer Ueberzug bildet. Spült man hierauf die Tafel schnell mit Wasser ab, lässt sie trocknen und taucht sie dann noch in eine verdünnte Lösung von Asphalt in Benzol, schleudert die überflüssige Flüssigkeit ab und reibt schliesslich das Blech nach erfolgtem Trocknen mit Baumwolle ab, so wird hierdurch die Farbe haltbar gemacht[1]).

Zum Drahtziehen kann nur das geschmeidigste Zink verwendet werden, und man hat in diesem Falle ziemlich feine Nummern gezogen, so fein wie der dünnste Zwirn, jedoch ist die Verwendung von Zinkdraht eine äusserst beschränkte.

Zinknägel verfertigt man entweder aus Zinkblechen oder Zinkdraht; im ersteren Falle werden die Bleche in dünne Streifen geschnitten, erwärmt, zugespitzt, nach der Länge der Nägel abgehauen und die Köpfe angeschmiedet, im andern Fall verwendet man in gleicher Weise Zinkdraht von verschiedenen Stärken. Zinknägel sind meist klein und flachköpfig 27 mm. lang und wiegen pro Tausend 2,5—2,75 Kilogr.; sie dienen hauptsächlich zum Befestigen von Zinkblech bei Bedachungen, weil dieselben keine elektrische Erregung, im Vergleich mit eisernen oder kupfernen Nägeln, bedingen.

Grosse Beachtung haben die Zinkgusswaaren in der Architektur gefunden, und man stellt Ornamente, Statuen, Grabmale, Gitterwerke, Kandelaber, ja ganze gothische Thurmspitzen etc. in grosser Reinheit her; diese Arbeiten sind äusserst dauerhaft und verhältnissmässig billig gegen Eisen- und Bronze-Guss.

Zinkgüsse im Grossen darzustellen, fand eine Hauptschwierigkeit darin, dass bei Erhitzung einer grossen Masse diese nicht gleichmässig genug erreicht werden kann, und so eine ungleichmässige Erhitzung der einzelnen Theile die unvermeidliche Folge war, zudem bewirkte der erhöhte Temperaturgrad, in den nothwendig die ganze Zinkmasse versetzt werden musste, ein nicht unbedeutendes Verbrennen einzelner Theile, die sich aus der Masse nicht mehr auszuscheiden vermochten und daher den Guss äusserst mangelhaft und unrein machten, wobei durch die Bildung von Zinkoxyd ein enormer Materialverlust zu beklagen war.

Um diese Nachtheile zu beseitigen, wendete man sich, statt nämlich die Gussstücke nach Analogie der Bronze- und Eisengiesserei im Grossen,

---

[1]) Jahresbericht des physikal. Vereins in Frankfurt a. M. 1873 S. 21.

unter Anwendung von geschlossenen Kernformen zu giessen, von diesem Gusssystem ab, und theilte den Guss in mehrere möglichst einfache, leicht zu formende Stücke und vereinigte diese erst nach vollendetem Gusse durch Löthung zu einem Ganzen; hiermit fallen beim Zinkguss die Kosten für Herstellung komplizirter grösserer Hohlformen fort. Schinkel war wohl mit einer der ersten, der den Zinkguss zur Anerkennung und vielseitigeren Verwendung brachte. Ein Gutachten von ihm aus dem Jahre 1840 lautet wörtlich: „Je mehr man mit dem Zinkmetalle umgeht und Gelegenheit hat, seine Anwendung in der mannigfaltigsten Art zu fördern, finden sich fortwährend die bedeutendsten Vortheile des Materials. Ganz vorzügliche Vortheile ergab das gegossene Metall wegen grösserer Stärke, geringerer Empfindlichkeit gegen Kälte und Wärme und wegen der Eigenschaft eines auf's Aeusserste reinen Gusses, weshalb es vorzugsweise für alle plastischen Kunstarbeiten geeignet erscheint. Alle Ornamente, durchbrochene Arbeiten und Spitzen, welche sich aus der Architektur frei erheben, um durchsichtige Krümmungen zu bilden, werden in diesem Metalle auf die leichteste und solideste Weise hergestellt. Die Vortheile, welche dasselbe in der Architektur der Möbel an die Hand giebt, an Vasen, im Freien aufzustellen und an anderen Gegenständen z. B. Kandelabern, Schalen etc., wo es zugleich weniger Beschädigung ausgesetzt ist als der Stein, ferner bei Verkleidung roher eiserner Stützen in schönster Säulenform und Konsolen, Thürverkleidungen und anderen rauhverzierten Architekturstücken, geben eine Uebersicht seiner ausserordentlichen Nützlichkeit und werden es für architektonische Zwecke künftig immer unentbehrlicher machen, wie es zugleich dazu beiträgt, den Umfang der Architektur immerfort zu erweitern."

Ein grosser Uebelstand bei Zinkgusswaaren blieb lange Zeit die schmutzig-graue Oxydationsdecke, die für das Auge stets unangenehm wirkt, und man griff zu verschiedenen Mitteln, um hier abzuhelfen. In vielen Fällen leisten Oelanstriche ganz gute Dienste, sie haften auf Zink sehr gut, und stellt man Ornamente, Ziergliederungen etc. aus Zink dar, um sie als Holzschnitzereien an Thüren, Thoren oder Möbeln anzubringen; so müssen sie auch unter der Hand eines geschickten Malers die Farbe und den Charakter irgend einer Holzart erhalten, und erscheinen dann diese gepressten oder gegossenen Zinkornamente und Gliederungen bald als Palisander, Mahagoni, Ahorn etc. In gleicher Weise ist man wohl auch genöthigt, durch Oelfarbe bunten Marmor, Alabaster, Granit, Porphyr etc. zu imitiren, besonders wenn es darauf ankommt, die dekorative Seite in den Vordergrund treten zu lassen. Handelt es sich aber darum, Zinkgusswaaren, z. B. Statuen, Büsten im Freien aufzustellen, und sind diese dem steten Wechsel von Sonnenschein und Unwetter ausgesetzt, so genügt auch der sorgsamste Oelanstrich nicht, er wird bald zerstört und ist im Grunde genommen doch nur ein sehr armseliger Behelf.

Um dem Zink nun eine wirkliche Metallfarbe zu geben, griff man zurück auf die verschiedenen Methoden der Vergoldung und Versilberung, 1. durch blosses Eintauchen, 2. mittelst der galvanischen Batterie und 3. durch magnetisch-elektrische Maschinen.

Das Ueberziehen des Zinks mit andern Metallen, namentlich mit einer Bronzeoberfläche hat eine ganz analoge Entwickelung, wie die oben erwähnten Momente der Vergoldung gehabt, und die ersten Versuche, dem Zink eine Metallfarbe zu geben, waren darauf gerichtet, dies durch Eintauchen in eine Flüssigkeit oder durch Anreiben zu bewirken. Eine vielfach angewendete Verkupferungsflüssigkeit besteht aus 12 Theilen gereinigtem und gepulvertem Weinstein, 1 Theil kohlensaurem Kupferoxyd und 24 Theilen Wasser in einer Temperatur von 60° R. In dieser Warme wird das Gemisch erhalten, bis das von der Zersetzung des kohlensauren Kupferoxyds herrührende Brausen aufgehört hat, und fügt man dann so lange gepulverte Schlämmkreide in kleinen Portionen hinzu, als noch ein Aufbrausen erfolgt, wozu etwa 3½ Theile Kreide erforderlich sind. Man erhält auf diese Weise eine dunkelblaue Flüssigkeit, welche aus weinsteinsaurem Kupferoxyd in neutralem weinsteinsaurem Kali gelöst, besteht, und daneben einen reichlichen Bodensatz von weinsteinsaurem Kalk. Man lässt letzteren sich setzen, giesst die Flüssigkeit in einen Filter und wäscht zu wiederholten Malen den Bodensatz, jedoch mit nicht mehr als 48 Theilen Wasser aus, indem man jedesmal absetzen lässt und das Flüssige auf's Filtrum bringt. Die hierdurch erhaltene Flüssigkeit ist noch immer dunkelblau, obschon sie nur circa 7 pCt. Kupferoxyd enthält. In diese Flüssigkeit wird der Zinkgegenstand, nachdem er vorher vollständig blank gereinigt war, gelegt und so lange darin gelassen, bis er die verlangte Kupferfarbe hat; lässt man eine schwache Verzinnung vorausgehen, so wird die Verkupferung reiner und schöner, auch durch Anreiben kann die Verkupferung bewirkt werden, indem man in die Flüssigkeit so viel Schlämmkreide und feinen Sand einrührt, bis sie damit einen flüssigen Brei bildet, mit welchem die Zinkgegenstände so lange abgerieben und gebürstet werden, bis sie die gewünschte Kupferfarbe haben.

Der auf diese Weise erhaltene Kupferüberzug bildet jedoch nur eine äusserst dünne hauchartige Schichte und vermag weder den Einwirkungen der Atmosphäre noch auch einem anhaltenden Gebrauche zu widerstehen. Selbst eine öftere Berührung der Hände erzeugt an so verkupferten Gegenständen bald Flecken und abgeriebene Stellen. Hierzu kommt noch, dass die Farbe des Kupfers an und für sich weder schön noch beliebt ist, so dass diese Behandlungsweise des Zinkes nur eine geringe Anwendung fand und man für die meisten Gegenstände den Anstrich mit deckenden Bronzefarben vorzog. Die Anwendung der Cyanverbindungen zur Auflösung der Kupfersalze giebt zwar beim Eintauchen bessere Resultate, allein ein wirklich dauernder Ueberzug wird auch damit nicht erzielt. Erst die Be-

nutzung der galvanischen Batterie, bei welcher der Niederschlag des Kupfers nicht mehr von der chemischen Wirksamkeit der Zinkoberfläche allein abhängt, hat es möglich gemacht, eine Kupferschichte von hinreichender Stärke auf dem Zinke abzulagern; dadurch aber war der Missstand der Farbe noch nicht aufgehoben, und obwohl es lange Zeit hindurch für unmöglich gehalten wurde, die Reduktion einer Metalllegirung zu Wege zu bringen, ist es gleichwohl gelungen, auf Zink eine wirkliche Bronzeschicht niederzuschlagen, und zwar sowohl durch blosses Eintauchen oder Anreiben, als auch mittelst des galvanischen Stromes.

Die Vorschriften für Anfertigung der Flüssigkeit, in welcher die Bronzirung des Zinkes bewirkt werden soll, variiren sehr bedeutend und beruhen meist auf blosser Empyrie; mehrere derselben finden hier Platz:

1. 4 Gewichtstheile Kupfervitriol, 12 Theile Wasser, 2—3 Theile Cyankalium.
2. 1 Theil Kupfervitriol, 12 Theile Wasser, 2—2$^1/_2$ Theile Cyankalium, in 16 Theilen Wasser gelöst, und beide Lösungen sodann gemischt.

   Andere nehmen auf 1 Theil Kupfervitriol nur 4 Theile und auf 1 Theil Cyankalium 2 Theile heisses Wasser; nach einer andern Vorschrift soll das Cyankalium im Wasser in dem Verhältniss von 1 : 10 gelöst werden.

   Unter den Vorschriften, nach welchen auch Zink- oder Zinnsalze beigesetzt werden, sind folgende bemerkenswerth:
3. 1 Gewichtstheil Kupfervitriol in 24 Theile heissem Wasser, 8 Theile Zinkvitriol in 16 Theile Wasser, 18 Theile Cyankalium in 36 Theile Wasser; diese Lösungen werden gemischt und mit 250 Theilen Wasser verdünnt.
4. 500 Gr. kohlensaures Ammoniak, 500 Gr. Cyankalium, 960 Gr. Cyankupfer, 480 Gr. Cyanzink werden in 4,54 Liter Wasser aufgelöst.
5. Man löst in 5000 Gewichtstheilen Wasser so viel Cyankalium auf, dass die Flüssigkeit bei 20° R. ungefähr 4° Beaumé zeigt. In dieser Flüssigkeit löst man bei 40 — 48° R. 30 Theile trockenes Cyankupfer und 10 Theile Zinnoxyd, wovon 1 Theil als schwarzes Pulver zu Boden fällt.
6. 5000 Theile destillirtes Wasser, 610 Theile einfach kohlensaures Kali, 25 Theile Kupferchlorid, 48 Theile Zinkvitriol (oder statt dessen 25 Theile Zinnchlorid), 350 Theile salpetersaures Ammoniak, 12 Theile Cyankalium; das Cyankalium wird in einem besonderen Gefässe in 120 Gewichtstheilen kaltem destillirtem Wasser aufgelöst, in das übrige Wasser bringt man gleichzeitig das einfach kohlensaure Kali, das Kupferchlorid und den Zinkvitriol, erhöht die Temperatur bis zu 62° R. und setzt nach dem Erkalten das salpetersaure Ammoniak zu. Hierauf wird die Mischung geschüttelt,

24 Stunden stehen gelassen, das Klare abgegossen und letzteres mit der Auflösung des Cyankaliums versetzt.

7. 5000 Theile destillirtes Wasser, 300 Theile einfach kohlensaures Kali, 15 Theile Kupferchlorid, 35 Theile Zinkvitriol (oder 10 Theile Zinnchlorid), 50 Theile Cyankalium; diese Salze werden alle gemeinschaftlich im kalten destillirten Wasser gelöst und dann 24—48 Stunden stehen gelassen.

In der Praxis hat fast jede Fabrik ihre eigenen Rezepte, welche äusserst geheim gehalten werden.

Alle diese Flüssigkeiten äussern auf Zink, wenn es mit vollständig gereinigter Oberfläche in dieselben eingetaucht wird, in folge der eintretenden chemischen Reaktion die Wirkung, dass sich allmälig eine dünne Schichte von Kupfer oder Bronze darauf niederschlägt. Dieser Niederschlag ist jedoch so schwach und oft auch so ungleichmässig, dass er nur in den seltensten Fällen genügt, nur durch die kräftige Mitwirkung des galvanischen Stromes kann eine haltbarere Umhüllung erreicht werden; die ersten Versuche der galvanischen Bronzirung fallen in das Jahr 1853 und wurden in dem grossen Etablissement von Geiss gemacht; es dauerte mehrere Jahre, bis man in das Verfahren eine gewisse Konsequenz brachte, die endlich auch zu den sichersten Erfolgen führte.

Das meiste Zink, Gusszink und Blechzink, kommt aus Schlesien, Westphalen und dem Niederrhein; Oesterreich produzirt Zink in Ungarn, Tyrol und Venetien doch nur in geringer Menge, dagegen finden wir in Belgien die „Anonyme Gesellschaft Vieille Montagne“ zu Lüttich und die „Société de la Nouvelle Montagne“ zu Verviers, die in grossem Massstabe arbeiten. Die früher bedeutende Zinkproduktion in England scheint durch die gesteigerte und billige Erzeugung in Deutschland und Belgien sehr in Rückgang gekommen zu sein. Auch in Bayern kommt bei Garmisch Zink vor; seit 20 Jahren jedoch wird hier die Gewinnung nicht mehr betrieben, sondern wegen des Reichthums an Blei der daselbst vorkommenden Erze werden sie nur auf Blei verarbeitet. Die Zinkgiesserei für Architektur von M. Geiss, dann die von S. P. Devaranne, beide in Berlin, liefern ausser der königlichen Giesserei vortreffliche plastische Arbeiten; in Wien zeichnet sich hierin die Salm'sche Giesserei aus, und ist als höchst gelungenes Werk dieser Fabrik die Reiterstatue des heil. Georg nach Fernkorn namhaft zu machen. Auch in München ist eine Kunstzinkgiesserei auf Actien gegründet worden, die recht Gutes zu leisten im Stande ist.

Das Zinn.

Das Zinn ist eines der am längsten bekannten und verarbeiteten Metalle und wurde schon von den Phöniziern aus Spanien und England bezogen und schon zu Moses Zeiten verarbeitet.

Plinius bezeichnet das Zinn als weisses Blei, im Unterschiede vom dunklen Blei; aus letzterem gewinnt man Silber, aus ersterem nicht; das weisse Blei stand nach Homer, der es Kassiteros nennt, schon zu Troja's Zeiten in Ansehen; die Verzinnung kupferner Gefässe, das Löthen anderer Metalle, die Herstellung von Spiegeln stand allgemein im Gebrauch.

Zinn kommt nicht sehr häufig als Oxyd und ziemlich selten in Verbindung mit Schwefel als Schwefelzinn, mit Schwefelkupfer und Schwefeleisen verbunden vor.

Vorzüglich wird zur Zinnproduktion der Zinnstein (Zinngraupe), natürliches Zinnoxyd, verhüttet. Zinnstein ist das sehr wichtige Erz, aus dem allein man Zinn gewinnt; es gehört zu den wasserfreien Metalloxyden und besteht aus 78,6 Zinn und 21,4 Sauerstoff, enthält aber häufig noch geringe Mengen von Eisen- und Manganoxyd und Kieselsäure. Der Zinnstein kommt entweder krystallinisch-körnig oder in Glaskopfstruktur, häufig in losen Stücken und Körnern vor und wird dann wohl Seifenzinn genannt.

Die ursprüngliche Lagerstätte des Zinnsteins ist das krystallinische Urgebirge; sind die das Zinnerz führenden Gesteine verwittert und zerstört, und hat der schwere und veränderliche Zinnstein sich dann in grosser Reinheit in der Tiefe des daraus entstandenen Schuttlandes angehäuft, so entstanden die sogenannten Zinnseifen, die ihrer Reinheit wegen zur Aufbereitung des Zinns so gern verwendet werden.

Der Zinstein ist weit verbreitet; er wird gewonnen im Erzgebirge (Altenberg, Zinnwalde, Grauppen, Geyer, Ehrenfriedersdorf etc.), findet sich im Fichtelgebirge, im Riesengebirge, in der Bretagne; ferner in Finnland, Schweden, Spanien (Galicien) und vor allem in Cornwall und Devonshire in England. Die wichtigsten Seifenwerke sind aber die Hinterindischen, Malakka, Banka, Billiton; in neuerer Zeit ist auch der Zinnstein in Mexiko, Kalifornien und Bolivia aufgefunden worden.

Das Ausbringen und Zinnschmelzen erfolgt entweder in Schachtöfen oder in Flammöfen.

Im ersten Fall werden die gepochten oder auf Walzen zerquetschten Zinnerze geschlämmt, wobei der schwere Zinnstein, Schwefel- und Arsenikkies, Wolfram, Eisenoxydul und andere metallische Fossilien zurückbleiben, die leichteren erdigen Gemengtheile aber weggewaschen werden, dann tritt eine Röstung ein, wobei Arsenik und Schwefel verbrannt und Eisen in Oxyd verwandelt wird; es bilden sich ferner durch den Röstprozess mehrere

lösliche schwefelsaure Salze, die bei nochmaligem Schlämmen aufgelöst und fortgeführt werden.

Das Schmelzen geschieht über sogenannte Krummöfen oder niedrige Halbhohöfen, indem man die vorbereiteten Erze mit etwas angefeuchteter Holzkohle in kleinen Gichten aufgiebt; das so gewonnene Zinn ist noch nicht vollkommen rein und muss noch gesaigert werden, welchen Prozess man das Pauschen oder Durchlassen nennt; man bringt hierbei das zu reinigende Zinn auf eine 24—30 cm. hohe glühende Kohlenlage, das reine dünnflüssige Zinn läuft dabei durch die Kohlen, sammelt sich in einem Stichherde und wird von Neuem aufgegeben, bis man glaubt, dass es gehörig gereinigt ist, und wird dann in Tafeln gegossen. Hierzu verwendet man eine kupferne geschliffene Platte, Schicht von 1,20 m. Länge und 60 cm. Breite. Die dünnen Tafeln, 5—6 Kilogr. schwer, werden dann zu Ballen zusammengerollt, mit hölzernen Hämmern glatt geschlagen, in welcher Form sie in den Handel kommen.

Das im Schachtofen erhaltene Zinn ist sehr rein und hinterlässt eine Schlacke, welche von Zeit zu Zeit verschmolzen wird und weniger reines Zinn giebt.

Das Ausbringen des Zinnerzes geschieht in England in Flammöfen, man unterscheidet daselbst Bergzinn, durch mancherlei eingemengte Erze vielfach verunreinigt, und Seifenzinn, das sehr rein und von fremden metallischen Beimengungen frei ist.

Das Bergzinn wird gepocht und mehrmals geschlämmt und dann in Flammöfen geröstet; die geröstete Schlieche bleibt dann einige Tage der Luft ausgesetzt, damit sich die zurückgebliebenen Schwefelmetalle so viel wie möglich umbilden können. Ist dies geschehen, wird die Schlieche in Fässer gebracht, Wasser aufgeschüttet und öfters umgerührt, wobei sich Kupfervitriol löst, das, durch Eisen behandelt, Cementkupfer giebt; der entkupferte Schliech wird dann nochmals gewaschen und dann als reiner Schliech verschmolzen, indem man ihn mit Steinkohlenklein von Sandkohlen versetzt und als Flussmittel etwas gelöschten Kalk und Flussspath zusetzt; das gewonnene Zinn, noch unrein, wird in Blöcke gegossen und hierauf durch einen neuen Umschmelzprozess raffinirt und gesaigert. Ein eigenthümliches Verfahren der Raffination nennt man das Aufstossen; man schüttet aus einer Kelle Zinn von einer mässigen Höhe in ein Zinnbad, so dass ein starkes Schäumen erzeugt wird. Nach ungefähr 3 Stunden hört man auf, diese wallende Bewegung zu erzeugen, lässt das Zinn sich ruhig absetzen, wobei sich 3 Schichten bilden, die oberste ist die reinste, die mittlere etwas unrein, die unterste mit fremden Metallen sehr verunreinigt; hierauf wird das Zinn in Gussformen von Granit gebracht, in Blöcken von 3 Centner Schwere und führt dann den Namen Blockzinn.

Das Seifenzinn kommt in abgerundeten Körnern vor, von dem An-

sehen eines groben Kieses und wird bei starkem Wasserstrome gewaschen und dann gesiebt; das Schmelzen selbst geschieht über 4,5 m. hohen Halbhohöfen mit Holzkohle; das feinere Zinn wird dann nochmals einer weiteren Raffination unterworfen. Zuweilen kommt dieses Zinn in Form von kleinen rundlichen Stücken in den Handel, indem man die Blöcke soweit heiss macht, dass das Metall brüchig wird, sodann von einer beträchtlichen Höhe herabfallen lässt, wodurch es in kleine Brocken zerfällt und Körnerzinn heisst.

Im Handel schätzt man am meisten die ostindischen Zinnsorten von Banka und Malakka; letzteres kommt in vierkantigen Blöcken von 0,5 bis 1 Kilogr., das Bankazinn in Barren von 20—65 Kilogr. vor. Die geringste Sorte ist das Zinn von Para. Das englische Kornzinn, welches dem indischen nahe steht, wird aus dem Seifenzinn gewonnen; das englische Blockzinn kommt in Blöcken oder in fingerdicken Stangen (Stangenzinn) in den Handel; das sächsische, bayerische, mexikanische Zinn steht dem englischen weit nach.

Das Zinn besitzt eine dem Silber sehr nahekommende weisse Farbe und Glanz; seine Härte steht zwischen der des Blei's und Goldes mitten drin; es lässt sich schaben, schneiden, ist hämmerbar und lässt sich gut strecken, in dünne Blätter ausschlagen als Zinnfolie, Staniol (unechtes Schlagsilber).

Zinn hat gerieben einen unangenehmen Geruch und Geschmack.

Das spezifische Gewicht beträgt 7,29 — 7,47; es ist bei 200° C. sehr spröde, zerspringt durch Schlag und Fall, schmilzt bei 230—239° R., krystallisirt beim Erkalten und verflüchtet in der Weissglühhitze; an der Luft oxydirt es ohne angewendete Hitze sehr wenig, verliert nur dabei seinen sonst starken Glanz. Jede Zinn-Oberfläche, sowohl beim Weissblech als auch beim gegossenen Zinn, zeigt nach dem Aetzen mit Säuren eisblumenartige Zeichnungen (Moiré métallique), die dem krystallinischen Gefüge entsprechen.

Zinn wird vielfach als Gussmaterial von den Zinngiessern verarbeitet. Banka- und Malakkazinn verarbeitet man zu Orgelpfeifen; vorzügliche Dienste leistet Zinnfolie zur Belegung feuchter Mauern, und benutzt man sie auch als Zwischenlagen zwischen Fundament und Etagenmauerwerk, um allenfallsiges Aufsteigen der Nässe zu verhindern; vielfache Anwendung findet Zinn ferner zum Verzinnen[1]) von Eisen- und Zinkwaaren und zu Herstellungen von mancherlei Legirungen, wie Bronzewaaren, Kanonenmetall, Glockenspeise etc.

---

[1]) Die Verzinnung wird besonders glänzend und dauerhaft ausfallen, sobald dem reinen Zinn etwas Phosphorzinn zugesetzt wird.

Das Blei.

Das Blei kommt im Mineralreiche häufig vor und war wegen des leichten Ausbringens seiner Erze den ältesten Völkern bekannt und wurde von ihnen verarbeitet; nach Herodot ward es beim Bau der Brücke in Babylon zum Vergiessen der Steine gebraucht, nach Vitruv verwendete man Blei zu Wasserleitungen, wobei aber schon darauf hingewiesen wird, besser thönerne Röhren zu verwenden. „Blei kann unmöglich gesund sein, heisst es im VIII. Buch 7. Kap., weil es das Bleiweiss erzeugt, welches dem menschlichen Körper schädlich sein soll; meiner Einsicht nach, sagt Vitruv an einer weiteren Stelle, darf Wasser, das gesund sein soll, nicht in bleiernen Röhren geleitet werden.“ Plinius erzählt im XXXIV. Buche 49—51 Wunder über die Heilkraft des Bleies.

Die vorzüglichsten Bleierze, die zur Gewinnung des Bleies verwendet werden, sind:

1. Bleiglanz (Schwefelblei) ist zusammengesetzt aus 86,5 Prozent Blei und 13,5 Prozent Schwefel, kommt krystallinisch-körnig, aber auch dicht (Bleischweif) und auch erdig (Bleimulm) vor. Der meiste Bleiglanz ist silberhaltig, einiger selbst goldhaltig. Er findet sich theils auf Gängen im krystallinischen Schiefergebirge, Granit- und Uebergangsgebirge, wie im Erzgebirge (Zoppau, Friedberg), in Böhmen (Mies, Przibram), am Harz (Klausthal, Zellerfeld, Neudorf), im südlichen Schwarzwalde (Schappach), im rheinischen Schiefergebirge (Müsen bei Siegen), im Kohlenkalkstein Nordenglands, Derbyshires und Cumberlands (Alston Moor), Schottlands, der Bretagne, Spaniens, des Urals, Altai's. Bleiglanz findet sich aber auch lagerförmig mit Galmei und Brauneisenstein im Muschelkalk Oberschlesiens und als Ausfüllung von Höhlungen in den Kalksteinen des verschiedensten Alters vom devonischen bis zum Kreidegebirge, so vor allem ebenfalls mit Brauneisenstein, Zinkblende und Galmei im oberschlesischen und badischen Muschelkalk (Tarerwitz, Wiesloch), im devonischen Kalkstein des rheinischen Schiefergebirgs, des älteren Triaskalkes der Alpen zu Bleiberg in Kärnthen, Feigenstein in Tyrol, im Kohlenkalk Nordenglands, im Kalkstein der Sierra Nevada, im Uebergangskalkstein des Urals. Im Buntsandsteine findet sich Bleiglanz in Knoten eingesprengt (Knotenerz), bauwürdig zu Kommern in der Eifel; auch in der Braunkohlenformation bei Gladbach am Niederrhein finden sich Einlagerungen von Bleiglanz. Die grössten Massen von Bleiglanz liefern die nordwestlichen Vereinigten Staaten Nordamerika's, in zweiter Reihe England.

2. Kohlensaures Bleioxyd, aus 83,5 Prozent Bleioxyd und 16,5 Prozent Kohlensäure bestehend, kommt auch unter dem Namen Weissbleierz, Bleispath vor; in erdigem Zustand bezeichnet man dies Erz

als Bleierde, und kommt es meist als der Begleiter des Bleiglanzes in der Natur vor; in ausgezeichneten Krystallen zu Przibram in Böhmen, bei Freiberg, Badenweiler u. a. O.; Bleierde findet sich in der Eifel, am Harz, in Sibirien etc.

Alle anderen Verbindungen: schwefelsaures Bleioxyd (Vitriolerz), phosphorsaures und arseniksaures Bleioxyd bleiben bei der Bleigewinnung so ziemlich ausser Betrachtung; wichtig dagegen sind die Abfälle anderer hüttenmännischer Prozesse, vor allem aber die der Treibarbeit zur Gewinnung des Silbers (Glätte, Abstrich, Abzug).

Die hüttenmännische Gewinnung des Bleies richtet sich nach der Natur der zu verschmelzenden Erze, nach ihrer Reinheit oder Verunreinigung durch andere Metalle oder Mineralien; auch hat die Art der Brennmaterialien, namentich aber deren Werth wesentlichen Einfluss.

Trotz aller lokalen Verschiedenheiten lassen sich doch die Prozesse auf einfach chemische Vorgänge zurückführen, und man unterscheidet demnach bei der Gewinnung des Bleies der Hauptsache nach 3 verschiedene Methoden:

1. den Röst- und Schmelzprozess,
2. den Röst- und Reduktionsprozess,
3. den Eisenreduktionsprozess.

Der Röst- und Schmelzprozess ist äusserst einfach, denn ausser metallischem Blei können sich hierbei nur Rückstände bilden, die entweder wesentlich aus Oxyd oder Sulfat bestehen, wenn die Röstperiode zu lange gedauert hat, oder aus unzersetztem Bleigang, wenn das Gegentheil der Fall war. Allein zum Gelingen ist reiner Bleigang erforderlich; die Gegenwart anderer Erze und die von Kieselsäure machen diese Art der Bleigewinnung unmöglich, weil die Masse schon beim Rösten schmilzt, und weil sich bei der grossen Verwandtschaft der Kieselsäure zum Bleioxyd schnell bleireiche Schlacken bilden.

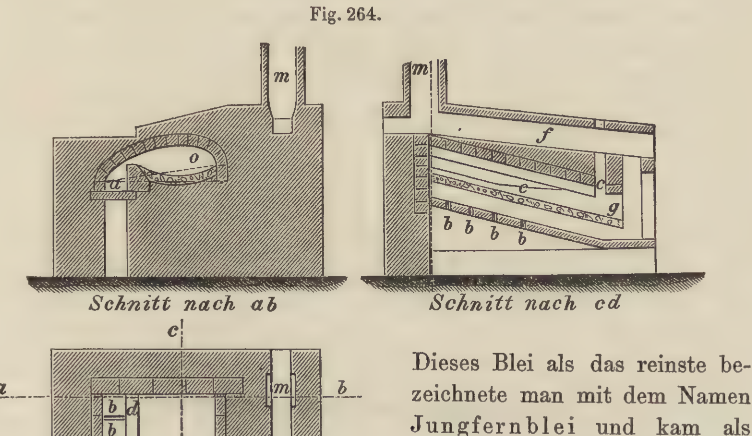
Der Röst- und Schmelzprozess wird theils in Flammöfen, theils in offenen Herden ausgeführt; Flammöfen verwendet man vorherrschend in Kärnthen, Frankreich, Spanien und England. Zu Bleiberg in Kärnthen bestanden schon von alters her Bleibergwerke; die gegenwärtig daselbst üblichen Flammöfen giebt Figur 264; der Herd o des Ofens bildet eine flache Mulde und ist mit einem ganz flachen Gewölbe überdeckt, von der Feuerung a mit Steinrost b schlägt das Feuer durch den Schlitz ed in den Ofen, gelangt durch die Oeffnung c in den Zugkanal f und dann in den Schornstein m. Der Herd hat eine Neigung nach vorn und zwar in der Art, dass das flüssige Blei, nicht aber die teigige Masse hinabfliessen kann; die muldenartige Gestalt zwingt das Metall, nach der Arbeitsthüre g sich zu bewegen.

In den glühend gemachten Herd wird durch die Arbeitsthüre g die Beschickung eingebracht, auf den Herd ausgebreitet und unter Zutritt von

Luft so geröstet, dass die Masse nicht erweicht; hierdurch wird Bleioxyd und Sulfat gebildet.

Hierauf wird das Feuer verstärkt, um die Reaktion der oxydirten Theile auf das Schwefelblei herbeizuführen; diese zweite Periode heisst das Bleirühren. Unter fortwährendem Durcheinanderarbeiten der Masse beginnt das Abfliessen des Bleies in einen bei g aufgestellten gusseisernen Kessel.

Fig. 264.



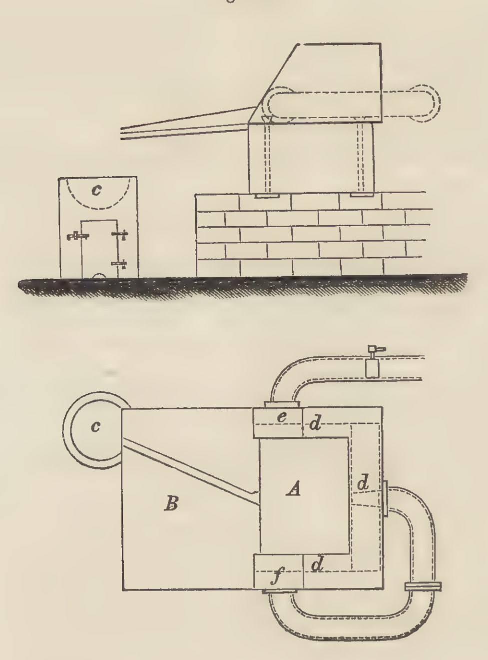
Dieses Blei als das reinste bezeichnete man mit dem Namen Jungfernblei und kam als solches in den Handel. Die dritte Periode der Arbeit ist dann das Bleipressen; hierbei überwirft man die Rückstände im Herde mit Kohlenklein, verstärkt das Feuer und sucht auf jede Art eine Atmosphäre reduzirender Ofengase zu erhalten, wobei das weiter zu gewinnende Blei zum Abfluss kommt. Durch das langsame Abfliessen vom Herde ist das Blei mechanisch verunreinigt, weshalb man es auf der vordersten Seite des Herdes umschmilzt. Die Ausbeute dieses Verfahrens giebt 64—67 pCt. der Beschickung, bei der vorherrschend Bleiglanz verarbeitet wird. Bei den in England gebräuchlichen Flintschier-Flammöfen lässt sich der ganze Prozess der Bleiarbeit in vier Perioden theilen: In der ersten Periode wird die Beschickung bei verhältnissmässig niedriger Temperatur einer Röstung unterworfen; dann werden die Massen bei stärkerer Hitze geschmolzen, wobei eine beträchtliche Reduktion des Bleies stattfindet; in der dritten Periode wird gelöschter Kalk über den Herdinhalt gleichmässig ausgebreitet, und findet ein Durcharbeiten der Masse statt; hierdurch erreicht man die vervollständigte Zersetzung des noch übrigen Schwefelbleies unter Bildung einer grossen Menge oxydirter Produkte; in der vierten Periode sticht man das Blei ab und zieht die Schlacke aus.

Die Röst- und Schmelzarbeit ist ausser in Kärnthen noch gebräuchlich in England (Derbyshire, Cumberland und Nord-Yorkshire) und in Spanien (Granada).

In offenen Herden verarbeitet man die Bleierze in England und Amerika.

Ein amerikanischer Bleiherd ist in Figur 265 dargestellt: A ist ein Herd von Gusseisen, B der Werkstein, eine schwach geneigte Eisenplatte mit zweiseitigem Rande; er wird von einer Rinne durchzogen, in welcher das Blei in den Kessel c fliesst, welcher über einem kleinen Feuer steht.

Fig. 265.



Ein eiserner Windkasten d umzieht die Rückwand und die Seiten des Herdes, bei e strömt der Wind ein, bei f strömt er erwärmt durch eine Form über den Rand des Herdes aus.

Zu Anfang der Arbeit ist der Herd mit flüssigem Blei gefüllt, und wird das Erz (Bleigang in Kalkspath) in kleinen Stücken ungeröstet auf das flüssige Blei gebracht; nun werden kurze Holzscheite vor die Form gelegt, der Wind angelassen, so dass er gleichförmig auf die Masse wirkt, eine entsprechende Menge Blei fliesst dabei über. Nach kurzer Zeit wird der Erzzusatz erneuert, die gesinterte Masse aber auf den Werkstein gezogen, der Wind abgesperrt, frisches Holz eingelegt und dann jene wieder

in den Herd gebracht, worauf nach abermaligem Erzeintragen das Gebläse wieder angelassen wird.

Ein solcher Herd arbeitet ohne Unterbrechung und ergiebt eine Ausbeute von 63—64 pCt. der Beschickung.

Der Röst- und Reduktionsprozess wird angewendet, wenn neben Bleiglanz bedeutende Mengen anderer Schwefelmetalle, besonders Schwefelkies, Arsenikkies und Zinkblende verhüttet werden sollen; auch in diesem Falle wird das Erz und zwar in Haufen geröstet, um einen Theil Schwefel und Arsen zu entfernen. Auch hier ist die Röstung, da das Erz in Form von Stücken angewendet wird, nur eine theilweise, mehr äusserliche. Wenn alsdann die geröstete Masse mit Schlackenzuschlägen, welche im Stande sind, das oxydirte Eisen aufzunehmen, geschmolzen werden, so resultirt hier metallisches Blei aus der gegenseitigen Wirkung geschwefelter und oxydirter Theile, gleichwie aus derjenigen der reduzirenden Ofengase, allein dann entsteht allemal auch ein Bleistein, in welchem der Rest des Schwefelbleies und Schwefeleisens nebst dem Schwefelkupfer und anderen Sulfuraten sich ansammelt.

Der Röst- und Reduktionsprozess wird ausschliesslich in Schachtöfen betrieben und umfasst drei verschiedene Arbeiten:

a) Das Verschmelzen gewisser Erze in Schachtöfen, die Bleiarbeit genannt,

b) das Verschmelzen des dabei erhaltenen Steins in Schachtöfen oder die Bleisteinarbeit und

c) das Verschmelzen bleihaltiger Schlacken mit gewissen Erzen im Flammofen, das Schlackenschmelzen.

Bei der Bleiarbeit werden die Erze bis auf 5 pCt. Schwefel abgeröstet; das geröstete Erz wird mit geröstetem Stein, der von der Verhüttung der Schlacken dieses Prozesses stammt, über Schachtöfen verschmolzen; es resultirt Werkblei, Stein und Schlacke. Der Stein, Bleistein, 20 pCt. Blei, 10 pCt. Kupfer, 2 pCt. Silber enthaltend, bildet das Material für die folgende Arbeit, die Schlacke das der dritten.

Die Bleisteinarbeit besteht darin, dass der Stein geröstet wird, mit gewissen kupfer- und silberhaltigen Erzen sowie mit Flussspath und bleihaltigen Schlacken in ähnlicher Weise behandelt. Die Produkte sind Werkblei, Stein und Schlacke; der Stein, welcher 25 pCt. Blei, 30 pCt. Kupfer enthält, wird wieder geröstet und geschmolzen; die Resultate sind dieselben; man erhält hierbei einen Stein von 12 pCt. Blei und 54 pCt. Kupfer, welcher durch Wiederholung der Operation in einen 70 pCt. haltigen Kupferstein verwandelt wird, welcher wegen seines Silbergehaltes für die Extraktion oder ähnliche Arbeiten dient.

Das Schlackenschmelzen unter Zusatz gewisser Erze führt zu Stein und Schlacken, von denen jener als Flammofen-Rohstein bezeichnet wird und 7 pCt. Blei und 4 pCt. Kupfer enthält. Er geht in die erste

Arbeit über, während die Schlacken, die zu 1,3 pCt. Blei halten, nicht weiter benutzt werden.

Dieser hier geschilderte Röst- und Reduktionsprozess wird namentlich in Freiberg, zu Sala in Schweden, Pontgibaud in der Auvergne und in den linksrheinischen Bleiwerken betrieben und wird zur weiteren Verfolgung dieses komplizirten Hüttenbetriebes auf die betreffende Literatur von Breithaupt, K. A. Winkler, John Percy, Dr. C. Rammelsberg verwiesen.

Der Eisen-Reduktionsprozess oder die Niederschlagsarbeit findet Anwendung bei Verhüttung reicher Bleierze, die viel Erden enthalten; bei ihr benutzt man die grössere Verwandtschaft des Eisens zum Schwefel zur Bleigewinnung. Schwefelblei und Eisen mit einander verschmolzen, liefern Schwefeleisen und Blei. In vielen Fällen lassen sich statt des gekörnten und Brucheisens auch die Sauerstoffverbindungen desselben, wie Eisenfrischschlacken, Eisensteine und dergl. verwenden, die sich mit dem Schwefel aus Schwefelblei verbinden und so ebenfalls reduzirend wirken. Man erhält dabei Werkblei, silber- und bleihaltigen Bleistein, in Gegenwart von Arsenik, Antimon, Kobalt, Nickel, auch sogenannte Speise. Auf solche Weise gewinnt man das Blei auf den Silberhütten des Oberharzes, zu Harzgerode am Unterharz, zu Tarnowitz in Oberschlesien, zu Ems, überall in eigenthümlicher, durch die Natur der Erze gebotener Weise.

Durch die vereinigte Röst- und Niederschlagsarbeit wird endlich aus unreinen Bleierzen von mittlerem Erzgehalt das Blei gewonnen, so in Böhmen zu Przibram und Joachimsthal, zu Freiberg, Schemnitz in Ungarn, zu Müsen im Siegen'schen. Das vorhergehende Rösten dient vor allem dazu, Antimon und Arsenik zu beseitigen. Der Stein (Bleistein), der bei den Niederschlagsarbeiten durch die Verbindung des Eisens mit dem Schwefel entsteht, nimmt stets noch einen Antheil Schwefelblei, und enthielten die Erze Kupferkies, auch das Schwefelkupfer auf; bei silberhaltigen Erzen enthält er auch noch einen Theil Schwefelsilber und wird daher weiter auf diese Metalle verarbeitet und zwar durch Röstniederschlagsarbeit. Bei der Anwendung des oxydirten Eisens zu diesen Reduktionen des Bleies kommt ausser seiner grösseren Verwandtschaft zum Schwefel aber auch noch die seiner Oxyde zur Kieselsäure in Betracht, in deren Folge dieselben das leicht entstehende kieselsaure Bleioxyd zersetzen und das Bleioxyd aus den Schlacken treiben.

Das auf die eine oder andere Weise gewonnene Blei ist das sogenannte Werkblei; es enthält kleine Mengen von Kupfer, Eisen, Antimon, Arsenik und in sehr vielen Fällen von Silber, da der Bleigang meistens silberhaltig ist und zwar um so mehr, je feinkörniger er auftritt. Der Silbergehalt schwankt am häufigsten zwischen 0,01—0,03 pCt., in manchen Fällen steigt er bis zu 0,5 ja bis zu 1 pCt. Von der Grösse dieses Gehaltes hängt es ab, ob seine Gewinnung lohnend erscheint.

Pattinson hat die Entdeckung gemacht, dass sich Silber noch mit Ge-

winn aus vielem Blei ausscheiden lässt, aus dem ein Ausscheiden früher die Kosten nicht gedeckt hätte, da bei Pattinson's Methode dies noch bei ⅛ Loth im Centner Erz der Fall sein soll. Man lässt zu dem Ende das Werkblei in eisernen Kesseln schmelzen und dann unter häufigem Umrühren erkalten, wobei sich Krystalle von Blei bilden, die man mittelst siebartiger Löffel ausschöpft. Durch Wiederholung dieses Prozesses sowohl mit dem silberärmeren Blei, was man so erhält, als auch der silberreicheren Legirung kann man ein Blei gewinnen, welches durch seine Reinheit geschätzt ist, und eine Bleilegirung von solchem Gehalt an Silber, dass sie sich mit Vortheil abtreiben lässt.

Eine andere Methode, Blei zu entsilbern (Parke's Prozess) besteht darin, dass man das silberhaltige Blei mit Zink zusammenschmilzt; bei langsamer Abkühlung der flüssigen Masse scheidet sich dann im unteren Theil das Blei aus, im oberen das silberhaltige Zink.

Das Abtreiben geschieht dann auf dem Treibherde, einem runden, mit einer beweglichen eisernen, innen mit Thon ausgeschlagenen Haube bedeckten Flammofen, dessen kesselförmig vertiefter Herd, über welchen die Flamme einer seitlich angebrachten Feuerung hinschlägt, mit Kalkmergel oder ausgelaugter Holzasche ausgestampft ist. Auf der hinteren Seite befinden sich die Düsen eines Gebläses, welche die für die Oxydation nothwendige Luft hinzuführen, und ihnen gegenüber die Oeffnung, durch welche die geschmolzenen Oxyde abfliessen können (Glättegasse). Durch die Oeffnung, durch welche die Flamme abzieht, wird das Werkblei auf den Herd gebracht; beim Einschmelzen scheidet sich zuerst, und zwar beim Anlassen des Gebläses auf der Oberfläche der schwerer schmelzende Abstrich aus, welcher neben Blei, Wismuth, Antimon, Arsenik, Kupfer, auch Eisen im oxydirten und geschwefelten Zustande enthält; bei sehr unreinen Erzen entsteht eine solche Kruste schon vor diesem Zeitpunkt, der sogenannte Abzug, der neben den metallischen auch erdige Substanzen enthält. Indem nun die Gebläseluft auf die Oberfläche des geschmolzenen Bleies wirkt, werden Blei und die geringeren Mengen anderer unedler Metalle oxydirt und fliessen als Glätte ab, oder werden auch von der porösen Herdsohle verschluckt, während die Legirung immer reicher an edlem Silber wird. Zuletzt erscheint das Silber regenbogenfarbig von der letzten dünnen Oxydschicht darüber und wenn endlich diese vom Herde verschluckt wird, tritt die Oberfläche des reinen Silbers glänzend und spiegelklar hervor (Silberblick). Der Abstrich liefert bei weiterer Reduktion Hartblei, eine ziemlich spröde Legirung, die sich zur Schrotgiesserei und zum Schriftguss etc. verwenden lässt. Die Glätte kommt entweder als solche in den Handel oder sie wird in Flamm- und Schachtöfen oder auf Herden mittelst Kohle reduzirt (Glättefrischen) und liefert das Frischblei.

Das durch Pattinsoniren oder durch Zink entsilberte Blei wird, bevor es in den Handel kommt, von seinem Gehalt an fremden Metallen mög-

lichst befreit; der Prozess, dem hierbei das Blei unterworfen wird, heisst das Raffiniren und lässt sich am besten bei mässiger Rothgluth in einem Flammofen ausführen. Die fremden Stoffe werden hierbei unter Luftzutritt sich oxydiren, und wird die sich bildende Oxydschichte wiederholt abgezogen, bis eine Probe zeigt, dass das Metall weich geworden ist; da fast alle Metalleinmischungen das Blei härter und für manche Anwendungen untauglich machen, so ist das Raffiniren zugleich ein Weichmachen des Bleies.

Das Raffiniren von Werkblei wird in neuester Zeit auch mittelst Elektrolyse ausgeführt[1]).

Von dem in dem Handel vorkommenden Blei unterscheidet man folgende Sorten: Hartblei, Antimonialblei oder Abstrichblei enthält 5—20 pCt. Antimon und dient zur Schrot- und Letternfabrikation und wird hauptsächlich bei Goslar gewonnen. Weichblei ist das reinere, gesuchtere, welches wieder nach der Methode, nach der es gewonnen wurde, oder nach dem Grade der Reinheit verschieden benannt wird: Jungfernblei ist das reinste, Kaufblei ist rein, Werkblei oder Reinblei enthält noch Silber. Als Glaser- oder Fensterblei kommt das in Stäben gegossene Blei, welches zum Verbleien der Fensterscheiben dient, in den Handel; ausserdem unterscheidet man auf den Hütten je nach der Reinheit: raffinirtes, ordinäres, Grätzblei, Schlichblei etc. Berühmt wegen ihrer Reinheit sind die spanischen, amerikanischen, englischen Bleie; in Deutschland ist vorzüglich das villacher Blei geschätzt, an dieses reihen sich ihrer Güte nach die oberharzer und stolberger Bleie an, von geringer Qualität sind die ungarischen, böhmischen, sächsischen.

Das reine Blei hat eine bläulichgraue Farbe (bleigrau), auf frisch geschabten Stellen starken Metallglanz, läuft aber bald an der Luft an und wird blind. Es ist, wenn es langsam gekühlt wurde, sehr weich, ziemlich dehnbar, lässt sich schaben, schneiden, und sehr leicht biegen, in dünne Tafeln walzen, aber nicht gut in dünne Drähte ziehen. Blei färbt auf Papier und Holz gerieben etwas ab.

Das spezifische Gewicht des Bleies liegt zwischen 11,33—11,44; es schmilzt bei 321—325° R., läuft dabei an und bildet eine Schlacke von Bleisuboxyd, die sich bei fortgesetztem Erhitzen in Bleioxyd und theilweise in Bleisuperoxyd verwandelt. In der Rothglühhitze beginnt es zu verdampfen, in der Weissglühhitze kocht es und liefert sehr giftige Dämpfe.

Das Blei wird vom Wasser und ganz besonders von destillirtem, aller Salze beraubtem Wasser angegriffen, es bildet sich Bleioxydhydrat in weissen Schuppen, welche im Wasser schweben und durch Filtriren abgeschieden werden können, zum theil sich aber auch in der wenigen

---

[1]) N. S. Keith, Engin. and. Min. Journ. XXVI. S. 26 und 200 und Wagners Jahresbericht 1879 S. 252.

Kohlensäure des Wassers auflösen. Ob der Genuss von Wasser, das durch Bleiröhren geleitet wird, wirklich der Gesundheit schädlich sei, kann wohl nicht mehr bezweifelt werden. Nach der Ansicht von Graham, Miller, Hoffmann und Dr. Medlack wird die Oxydation des Bleies durch den Gehalt des Wassers an Salpetersäure veranlasst; demnach sei die weiche Beschaffenheit eines Wassers nicht allein Ursache das Blei bei Bleirohrleitungen zu lösen, sondern das Wasser sei durch den Mangel eines Gehaltes an kohlensaurem, in freie Kohlensäure gelöstem Kalk, eines kräftigen Schutzmittels gegen die Auflösung des Bleies beraubt.

F. Schmith hat nachgewiesen, dass Wasser mehr Blei in Lösung in sich aufnimmt, wenn die inneren Wände der Bleiröhren abwechselnd mit Luft und Wasser in Berührung kommen. v. Pettenkofer stellte fest, dass das Blei der Wasserleitungen ausschliesslich durch die Wirkung des im Wasser gelösten Sauerstoffs oxydirt werde; ferner stellte derselbe die Meinung auf, dass die so häufig beobachtete Wirkung von weichem Wasser auf Bleiröhren durch die Absorption von Sauerstoff seitens des Regenwassers bedingt wird. Von derselben Ursache mag die Wirkung von weichem Flusswasser herrühren, während hartes Wasser, welches mit Mineralstoffen erfüllt ist, mehr oder weniger von dem in ihm gelösten Sauerstoff in folge der Oxydation von organischer oder anderer Substanz verliert, eine weniger korrodirende Wirkung besitzt.

Dr. Calvert fand durch eingehende Forschungen, dass die lösende Wirkung des Wassers auf Bleiröhren in den ersten 4 Tagen am stärksten ist und dann allmälig abnimmt, wenn man nicht das Wasser in den Röhren stehen lässt, oder wenn die Röhren nicht eine Zeit lang unbenutzt blieben und dann wieder gebraucht werden; er fand ferner, dass auch weiches, von organischen Substanzen beinahe freies Wasser ebenfalls unter gewissen Umständen in bleiernen Röhren sehr stark korrodiren kann.

Um das Innere von bleiernen Wasserleitungsröhren gegen Korrosion durch Wasser zu schützen, hat Dr. H. Schwarz vorgeschlagen, das Innere der Bleiröhren mit einer Schwefelnatriumlösung zu behandeln, um dadurch eine Schichte von Schwefelblei im Innern der Röhren zu erzeugen.

Eine solche Schichte wird weder von destillirtem-, noch von Brunnen-, Regen- oder Flusswasser aufgelöst, und auch die Gegenwart von Luft, sowie das Vorhandensein von faulenden Stoffen ändern an dieser Thatsache nicht das Geringste[1]).

Ueber die praktische und erfolgreiche Durchführung der Schwefelbleischichtbildung durch eine heisse konzentrirte Lösung von Schwefelnatrium in Bleiröhren liegen bisher keine Nachrichten vor, und auch der Versuch die Wasserleitungsröhren durch Verzinnen zu schützen hat kein befriedigendes Resultat ergeben.

---

[1]) Bulletin de la Société chimique de Paris 1873 S. 529.

Unter solchen Umständen empfiehlt der bekannte Hydrotechniker Salbach zu Herstellung von Wasserleitungen das in neuerer Zeit hergestellte Röhrenfabrikat, bei welchem die innere Wandung aus einem schwachen 0,5 mm. starken Zinncylinder besteht und äusserlich mit einem stärkeren Bleimantel versehen ist. Diese Röhren werden in der Weise hergestellt, dass der Bleikörper über einen entsprechend starken und gut verzinnten Dorn gegossen wird; ist das Blei erstarrt, so wird dieser Dorn herausgenommen, ein solcher von geringerem Durchmesser eingesetzt und darauf der Zwischenraum mit Zinn ausgefüllt; eine Röhrenpresse vollendet schliesslich die nun mit Zinn ausgefütterte Bleiröhre[1]).

Dass Bleimantel-Zinnröhren zu Wasserleitungen mit grösserem Druck ihrer geringen Haltbarkeit wegen nicht zu empfehlen seien, wie dies vielfach nachzuweisen gesucht wurde, ist widerlegt durch die Erfahrungen die man in Wien sowohl, wie auch in Dresden mit diesen Röhren gemacht hat.

In neuester Zeit hat man in mehreren Städten Würtemberg's und auch in Heidelberg zur Herstellung von Wasserleitungen verzinkte, sogenannte galvanisirte schmiedeeiserne Röhren verwendet, die sich bis jetzt vorzüglich bewährt haben; diese Röhren bieten auch noch den Vortheil, dass sie weniger leicht zufällig oder muthwillig beschädigt werden können, als dies bei den Zinnröhren mit Bleimantel der Fall ist[2]).

Um Bleiröhren zu Wasserleitungen verwenden zu können und dabei vollständig sicher zu sein, dass das geleitete Wasser der Gesundheit nicht nachtheilig werden kann, verzinnt man sie im Innern. Hierbei werden die beiden geschmolzenen Metalle in eine horizontale Form mit hohlen Zapfen eingegossen, während diese mit grosser Geschwindigkeit um ihre Axe gedreht wird. Blei und Zinn werden beide in einem einzigen Tiegel geschmolzen, welcher am Boden mit einem Stöpsel oder Hahn versehen ist, von welchem aus eine Röhre in einen der hohlen Zapfen der Gussform führt. Sobald das Metall geschmolzen ist, öffnet man den Stöpsel; das Blei, als das schwerere, strömt zuerst in die Form und bildet den äusseren Umfang des Rohres, während das später in die Form gelangende Zinn die innere Schicht bildet; beide Metalle verbinden sich in flüssigem Zustande mit einander. Der so erhaltene Blei-Zinn-Zylinder wird sodann aus der Form herausgenommen, um durch die hydraulische Presse zu Röhren beliebiger Dimensionen umgewandelt zu werden. Um die Scheidung von Blei und Zinn beim Schmelzen vollständig zu ermöglichen, bedient man sich auch wohl eines Schmelzapparates aus zwei über einander stehenden Tiegeln mit Stöpseln im Boden.

Die Anwendung des Bleies ist eine sehr mannigfache; aus starken

---

[1]) Journal für Gasbeleuchtung 1874. S. 141.

[2]) Bayer. Industrie- und Gewerbeblatt 1876. S. 257.

Bleiplatten fertigt man Siedepfannen für Alaun, Vitriol, Schwefelsäure, fertigt aus ihnen auch die Bleikammern; Bleiblech dient zum Dachdecken (Bleidächer), zum Glasscheibenfassen (Fensterblei), zum Verpacken (Tabakblei).

Bleierne Zisternen und Wasserröhren sind der Gesundheit nachtheilig, aber trotz alledem werden sie häufig verwendet; Bleiröhren dienen mit gutem Erfolg zu Gasleitungen; man presst sie zu diesem Zweck in beliebigen Längen, während sie früher meist gegossen oder gezogen wurden, wobei die Länge der Röhren sehr beschränkt war. Die jetzt in den Handel kommenden Bleiröhren sind fast in allen gewünschten Weiten von 3 mm. innerem Durchmesser mit 3 mm. starken Wänden, bis zu einem inneren Durchmesser von 15 cm. mit 24 mm. starken Wänden zu haben. Dergleichen Röhren verzinnt, können bei den dicksten etwa 4,5 m., bei den dünnsten jedoch bis 90,0 m. lang aus einem Stück geliefert werden.

Man verwendet auch das Blei zum Vergiessen von Klammern, Haken in Stein, zum Kugel- und Schrotguss, endlich zur Darstellung von Bleiweiss, Bleigelb, Mennige, überhaupt zu vielen Bleipräparaten; endlich wird Blei zur Herstellung mehrfacher Legirungen benutzt.

Die Legirungen.

Legirungen sind theils Verbindungen, theils Mischungen von zwei oder mehreren Metallen mit einander; sie kommen in der Natur nur selten vor und werden gewöhnlich durch Zusammenschmelzen der betreffenden Metalle erhalten; für den Bautechniker von Wichtigkeit sind aber hauptsächlich die Kupferlegirungen und zwar: 1. Legirungen aus Kupfer und Zink in den verschiedensten Verhältnissen geben Messing; 2. Legirungen aus Kupfer und Zinn geben Bronze, und unterscheidet man wohl Antikbronze, Geschützbronze (Kanonen- oder Stückgut), Glockenmetall (Glockengut, Glockenspeise) und Statuenbronze; 3. Legirungen aus Kupfer, Zinn und Phosphor liefern die Phosphorbronze; 4. sind in neuerer Zeit Legirungen unter zuhilfenahme von Aluminium, Mangan, Nickel, Antimon hergestellt worden. Wichtig für die Technik ist auch 5. das Lagermetall.

1. Legirungen aus Kupfer und Zink.

Das Messing war bereits den Alten bekannt, welche Galmei (Cadmia) als Zuschlag zum Kupferschmelzen benutzten und so gelbe Metallgemische erhielten, die sie Aurichalcum nannten; die alte Methode, Messing herzustellen, besteht darin, dass man in einem Windofen (Messingbrennofen) in thönernen Tiegeln 3 Theile Kupfer und 5 Theile Galmei mit 2 Theilen

Kohlenstaub zusammenschmilzt, dann wird der Inhalt aller Tiegel in einen grossen Tiegel (den Giesser) zusammengegossen und aus diesem in eine erwärmte Sandgrube vor dem Ofen gebracht. Das Produkt ist Rohmessing oder Stückmessing und enthält nahezu 27—28 pCt. Zink. Es kommt entweder als solches in den Handel oder wird mit Zusätzen von Zink, Messingabfällen oder Kupfer, Galmei und Kohlenstaub ein zweites mal umgeschmolzen, im Giesser mit Eisenstäben gut gemengt und zwischen Granitplatten zu 7—21 mm. dicken Platten (Tafelmessing) gegossen; und dies Produkt wird dann wohl auch zur Draht- und Blechfabrikation weiter verwendet. In neuerer Zeit stellt man das Messing meistens aus Kupfer, Zink- und Messingabfällen in gewöhnlichen Schmelzöfen mit Steinkohlenfeuerung dar; so schmilzt man in Hegermühl am Finowkanal in 8 Tiegeln 41 Kilogr. Abfall von früheren Schmelzungen nieder, trägt dann 12 Kilogr. Zink mit Kohlenstaub bedeckt ein, hierauf 27,5 Kilogr. Garkupfer, ebenfalls mit Kohle bedeckt, und nun wieder in derselben Weise 12 Kilogr. Zink und 27,5 Kilogr. Garkupfer; beim Schmelzprozess verdampfen nahezu 2—3,3 pCt. Zink.

Die wichtigsten Messingsorten sind: a) Rothguss, Rothmessing oder Tombak mit 80 und mehr Prozent Kupfer; b) Gelbguss oder gelbes Messing mit 20—50 pCt. Zinkgehalt, je nach seiner Verwendung; c) Weissmessing mit 50—80 pCt. Zink, ist blassgelb bis silberweiss, sehr spröde und nur zu gegossenen Waaren tauglich.

Das Messing hat unter allen anderen Metallen seiner guten Eigenschaften halber nach dem Eisen die ausgebreitetste Anwendung gefunden; es ist in kaltem Zustande hämmerbar und streckbar, oxydirt weniger, ist härter, schmilzt leichter, ist dünnflüssiger und billiger als Kupfer. Grösserer Kupfergehalt macht die Farbe goldähnlicher und vermehrt seine Hämmerbarkeit, Weichheit und Feinheit des Korns, mit dem Zinkgehalt wächst Härte, Sprödigkeit und Schmelzbarkeit des Messingmetalls, während seine Farbe immer heller wird. Gussmessing hat krystallinisches Gefüge und zerbricht dann leicht selbst bei gewöhnlicher Temperatur, lässt sich aber durch mässiges Hämmern und Walzen leicht dehnen, wobei es in einen feinkörnig faserigen Zustand übergeht und zähe wird.

Beim Glühen unter Luftzutritt überzieht es sich mit einem schwärzlichen Oxyd, welches man durch verdünnte Säure zu entfernen pflegt. Die gelben Legirungen werden durch Salzsäure roth, indem die Zinktheile der Oberfläche sich lösend ausscheiden, durch Ammoniak weiss, da dies die Kupfertheile löst. Messing ist schön politurfähig und besitzt in hohem Grade Dehn- und Hämmerbarkeit, so dass es zu den dünnsten Blechen ausgewalzt, durch Treiben in jede Form gebracht und zu den feinsten Drähten ausgezogen werden kann; einen vorzüglichen Beweis für die Dehnbarkeit des Messings liefert das unechte Blattgold. Die Dehnbarkeit des Messings aber hängt von der Temperatur ab, von seiner Mischung und von

seiner Reinheit; so kommt es, dass manche Messingsorten gar nicht, andere nur in der Kälte, wieder andere nur in der Wärme dehnbar sind. Das spezifische Gewicht des Messings ist grösser als die berechnete mittlere Dichtigkeit des Kupfers und Zinks und nimmt mit dem Kupfergehalt zu, für gelbes Messing schwankt es zwischen 7,82—8,73 und ist am grössten bei Gussmessing.

Unmöglich ist es, die Waaren aufzuzählen, welche aus Messing dargestellt werden; im allgemeinen verarbeitet man es zu Gusswaaren und benutzt hierzu thonhaltigen Formsand, wobei auf ein Schwinden von $1/60$ Rücksicht zu nehmen ist; bei hohlen Gegenständen (Kernguss) verwendet man einen Kern von sehr fettem Sande oder besser von Lehm, der gut getrocknet oder auch gebrannt wird. Als Schmelzöfen dienen entweder Gefässöfen (Tiegelöfen, Windöfen) für Glüh- oder Flammenfeuerung oder Flammöfen.

Das zu verschiedenen Gusswaaren verwendete Stückmessing wird wohl mit Ueberzügen von Lack, Bronze, Zinn, Silber und Gold versehen; das Poliren der Gegenstände geschieht am besten auf der Drehbank mit Wasser und Ochsengalle oder Weinstein oder mit einem Gemenge von Kreide und Schwefel, wodurch das Metall dunkler und goldfarbiger erscheint.

Beizen, Gelbbrennen, Mattiren.

Um Messing zu färben oder zu mattiren, glüht man es vorher aus, um Fett und Unreinlichkeit zu zerstören, weil sonst die Beizflüssigkeit nicht gleichmässig auf die Oberfläche einwirkt.

Das Vorbeizen erfolgt dann mit verdünnter Schwefelsäure (10—20 Th. Wasser + 1 Th. Säure), wodurch dem Messing auf der Oberfläche Zink entzogen und es daher röther wird; soll dies vermieden werden, so ätzt man mit verdünnter Salpetersäure von gleicher Verdünnung wie oben; die gebeizten Gegenstände werden mit Sägespänen abgetrocknet, wenn sie nicht weiter behandelt werden sollen. Beim Gelbbrennen dienen dieselben Säuren; verdünnte Salpetersäure giebt eine rein hellglänzende Oberfläche von ins Grüne stechender Farbe, während eine mit Schwefelsäure versetzte Salpetersäurenlösung einen goldgelben Ton erzeugt, das Säurebad wird gewöhnlich noch versetzt mit Kochsalz, Kienruss oder Schnupftabak (!). Das Kochsalz zersetzt sich, Salzsäure scheidet sich ab und bildet mit einem Theil der Salpetersäure Königswasser; die organischen Substanzen wirken möglicher Weise durch reichliche Entwickelung von salpetriger Säure.

Die vorbeschriebene Behandlung giebt aber niemals jenes glanzlose Matt von feinstem gleichmässigem Korn, wie es zuerst bei den französischen Messingwaaren der Fall war. Dies bringt man nun durch Beizen mit Salzen hervor, gewöhnlich mit Alaun oder Weinstein in kochender Lösung. Auch Salmiakgeist soll ausgezeichnet schnell mattiren. Die mattirten Gegenstände sind rasch abzuspülen und zu trocknen.

Zum Schutz gegen die Atmosphäre wird Messing mit einem Lack überzogen, wodurch sich die Farbe sehr modifiziren lässt; ein dunkelgrauer Ton wird erzielt, wenn man das Arbeitsstück in eine Lösung von arseniger Säure in Salzsäure eintaucht, oder mittelst einer verdünnten wässerigen Lösung aus Chlorplatin oder einer mit Essig vermischten wässerigen Auflösung von Aetzsublimat oder endlich durch Reiben mit Graphit. Wird eine solche Metallfläche mit Lack überzogen, so giebt die röthliche Farbe mit diesem Grau einen angenehmen bronzeartigen Ton.

Zu solcher Bronzirung verwendet man auch Aetzsublimat; der Platinlösung bedient man sich bei mathematischen Instrumenten, Libellen, Theodolithen etc.[1]).

Das Färben von blank gebranntem Messing erfolgt in schöner Weise durch eine Lösung von Bleioxyd, Kali und rothem Blutlaugensalz. Die Lösung ist in kaltem Zustande ganz klar und giebt dem eingetauchten Messing sehr rasch eine Goldfarbe. Wird die Lösung auf 40—50° C. erwärmt, so schreitet die Färbung bis ins Dunkelbraune fort; dies rührt von dem durch Abgabe von Sauerstoff gebildeten Bleisuperoxyd her, wobei das rothe Blutlaugensalz ins Gelbe übergeht[2]).

Um auf Messingflächen Intarsien-ähnliche Zeichnungen herzustellen, werden solche durch irgend eine Fettfarbe ausgeführt; mittelst einer entsprechenden Lösung wird dann eine Platin- oder Silberschicht auf dem freien Metall erzeugt, die Farbe entfernt und der Gegenstand in ein Bad eines ätzenden und färbenden Metallsalzes gebracht; z. B. in Eisen- oder Antimonchlorid für Zink, Eisen- oder Kupferchlorid für Kupfer und Messing, Kupferchlorid für Stahl. Sobald die Aetzung und Färbung sich vollzogen hat, wird der gebeizte Gegenstand dem Sonnenlichte ausgesetzt, wodurch der matte Farbenton gehörig intensiv wird. Schliesslich wird mittelst Schmirgel die Platin- oder Silberhaut abgerieben, sodass die ursprüngliche Farbe des Metalls wieder hervortritt. Soll die Zeichnung blank auf dunklem Grunde erscheinen, so tritt die Versilberung nicht ein, sondern es wird gleich nach Auftragung der Farbe geätzt und die Farbe nachher entfernt[3]).

Aus Tafelmessing werden entweder Messinggefässe (Kessel etc.) oder Messingbleche oder Messingdrähte gemacht. Die ersteren werden entweder gehämmert oder unter einem Presswerke gedrückt.

Messingbleche werden durch Walzen bei gewöhnlicher Temperatur erzeugt, aber nach jedem Durchgang müssen sie von neuem gekühlt und abgelöscht werden; das gewalzte Blech ist mit einer schwarzen Oxydschicht bedeckt (Schwarzmessing), zu deren Entfernung es mit Schwefelsäure oder mit saurer Alaunmutterlauge gebeizt wird. Hierauf spült man

---

[1]) Der Maschinenbauer 1878 S. 90.

[2]) Dinglers Polyt. Journ.

[3]) Nach einem Berichte der deutschen chem. Gesellschaft 1879. S. 1222.

es, scheuert es mit nassem Sande, spült es wieder und trocknet es durch Kohlenfeuer; dann wird das Blech ausgespannt, rein geschabt, mit Oel bestrichen und endlich mit einem Messer Strich neben Strich geebnet; einzelne Bleche laufen ferner noch durch die Polirwalzen, um ihnen den höchsten Glanz zu geben.

Nach der Stärke und den verschiedenen Dimensionen der Messingbleche unterscheidet man Tafelmessing und Rollmessing. Unter ersterem sind alle stärkeren Messingbleche begriffen, welche der Länge nach zusammengebogen werden und sehr verschiedene Ausdehnung in die Länge bei fast gleicher Breite haben. Zum Rollmessing gehören und dienen Messingbleche, welche nach ihrer Länge zusammengerollt werden und bei einer sehr veränderten Breite fast dieselbe Länge haben. Die Länge des Tafelmessings steht im Verhältniss zur Stärke desselben; das dickste hat die geringste Länge und wird nur einmal umgebogen; mit der Länge der Tafeln nimmt die Anzahl der Büge zu. Man unterscheidet daher 1, 2, 3 etc. Bug und sieht deswegen auf die Zahlen dieser Büge, weil sich hiernach die Stärke des Bleches richtet, und dieselben die Nummerirung der verschiedenen hierher gehörenden Blechsorten vertreten. Tafelmessing ist gewöhnlich 0,30—0,55 und selbst 0,65 m. breit, von verschiedenen Längen und 1—17 mm. dick. Die dünnsten Tafeln sind auch die längsten und schmalsten. Das Bugmessing begreift schmale und dünne aber lange Sorten, deren Länge zwischen 1 bis 5,5 m., deren Breite zwischen 0,18—0,26 m., und deren Dicke zwischen 0,3 bis 2 mm. wechselt, wobei bei abnehmender Dicke die Länge und Breite steigt. Rollmessing hat man von 0,4 bis etwa 0,12 mm. herab dick und 0,12 bis 0,46 m. breit; auch hier sind die dünnsten Sorten die breitesten, aber die Länge der Rollen ist wenig verschieden, ungefähr 6,5 m. Vom Messingblech, welches 1 mm. dick ist, wiegt 1 □ m. durchschnittlich 8,6 Kilogr.

Als äusserst feine Bleche sind das Rauschgold oder Knistergold, dann noch feiner das Blattgold zu betrachten, und hat dasselbe $\frac{1}{90}$ bis $\frac{1}{65}$ Millimeter Dicke.

Zu sehr vielen Zwecken wird Messingdraht benutzt; er kommt theils, aber nur in dicken Nummern, schwarz in den Handel, wenn er nach dem letzten Ziehen nochmals geglüht und dadurch weich und biegsam gemacht wurde. Der nicht geglühte Draht heisst lichthart, der geglühte und mit Schwefelsäure gereinigte lichtweich. Der Messingdraht des Handels hat 10,18—0,49 mm. Durchmesser. Die Messingdrähte werden wie die Kupferdrähte in Musterdrähte (die stärkeren Sorten bis zu etwa 1,5 mm. Dicke) und in Scheibendrähte sortirt, welche beide verschiedene Nummern haben. Erstere enthalten 40—48 Nummern, letztere fangen mit Nr. 6 an und gehen mit Weglassung der ungeraden Zahlen bis 30 und 36. Für Blitzableiter wird in der Regel Draht von Nr. 5, 2,00 mm.

stark und siebenfach zusammengedreht gewählt; ein 6 m. langes Messingseil dieser Art wiegt 1 Kilogr.

Die wichtigsten Messingfabriken in Deutschland sind in Stollberg bei Aachen, in Iserlohn, Altena und Lüdenscheid in Westphalen, zu Hegermühl am Finowkanal, in Berlin, Augsburg, Nürnberg, Kássel, Ebenau bei Salzburg, Frauenthal in Steiermark, Achenrain in Tyrol, Auerbach in Sachsen. Sehr grosse Fabriken sind in Birmingham in England, auch liefert Belgien und Frankreich, Schweden und Dänemark gutes Messing.

2. Legirungen aus Kupfer und Zinn.

Die Bronze ist eine Legirung von Kupfer und Zinn, welche nach verschiedenen Mischungsverhältnissen auch verschiedene Eigenschaften hat. Bei einem Zinngehalte von nur 5 Prozent ist die Legirung sehr zähe und etwas hämmerbar, wird bei vermehrtem Zinngehalt spröder, am sprödesten bei 35 Theilen Zinn und 65 Theilen Kupfer, wo sie von der Feile kaum noch angreifbar ist; bei mehr als 50 Prozent Zinngehalt wird die Legirung wieder weicher. Wenn einerseits der Umstand, dass auch die sprödeste Legirung aus Kupfer und Zinn, erhitzt und durch Ablöschen in kaltem Wasser plötzlich abgekühlt, so dehnbar wird, dass sie sich unter dem Hammer bearbeiten lässt, durch wiederholtes Erhitzen und allmäliges Abkühlen aber dann die frühere Härte wieder hergestellt werden kann, die technische Verwendung der Bronze in hohem Grade erleichtert, so wird diese andererseits dadurch erschwert, dass Legirungen von mehr als 60 Prozent Kupfergehalt, wenn sie nach dem Schmelzen langsam erkalten, nicht ihr gleichmässiges Ansehen behalten, indem sich aus der schwerer flüssigen, kupferreicheren Legirung eine leichter flüssige, zinnreiche, weisse ausscheidet. Dieser Uebelstand wird durch einen Zusatz von Zink gemildert, in folge dessen die Farbe der Legirung dem Messinggelb näher gebracht und die Schmelzbarkeit erhöht wird.

Die Bronze dient vornehmlich zur Herstellung von Münzen und Medaillen, zum Giessen von Kanonen, Glocken, Statuen und Maschinentheilen.

Die Antikbronze aus der Bronzezeit, wie sie in Waffen, Geräthen und Schmucksachen in Gräbern und Pfahlbauten gefunden wird, besteht im wesentlichen aus Kupfer und Zinn, während nur als zufällige Bestandtheile Eisen, Kobalt, Nickel, Blei, Silber etc. darin nachgewiesen wurden; auch die altgriechischen Münzen und Statuen aus der Blüthezeit der griechischen Skulptur enthielten kein Zink.

Die ältesten goldähnlichsten Bronzen bestanden aus 18 Theilen Kupfer und 12 Theilen Zinn.

Feines Korn, beträchtliche Härte, schwere Oxydirbarkeit machen die

Bronze zur Verfertigung von Medaillen und Münzen geeignet. Die Härte der antiken Münzen schützte die zartesten Gepräge zweitausend Jahre vor Zerstörung, wenn sie trocken liegen, und selbst unter Einwirkung von Wasser halten sich Schrift und Bildnisse so, dass sie noch immer erkannt und entziffert werden können.

Die brauchbarsten Legirungen zum Prägen von Münzen enthalten 8—12 Prozent Zinn, dann 2—3 Prozent Zink und ganz wenig Blei; die französischen Fünf- und Zehncentimesstücke bestehen aus 95 Theilen Kupfer, 4 Theilen Zinn, 1 Theil Zink.

Bei dem Kanonengut (Kanonenbronze, Kanonenmetall, Stückgut) kommen auf 100 Theile Kupfer, 8—10 Theile Zinn; es muss so zähe sein, dass es durch einen Druck von 4300 Atmosphären, welche die Entzündung des Pulvers hervorruft, nicht gesprengt wird und elastisch und hart genug, um den starken Stössen der Kugel zu widerstehen und ausserdem Widerstandsfähigkeit gegen die chemischen Wirkungen der Verbrennungsprodukte und der atmosphärischen Einflüsse besitzen. Fast unbedingt nothwendig ist es, zum Geschütz nur Metalle, die rein aus den Hüttenwerken hervorgingen, zu verwenden, indem die bereits gebrauchten nicht mehr rein sind. Die Mischung der Bronze, ihre Temperatur im Augenblicke des Gusses, die zum Erkalten nöthige Zeit haben einen ungemein grossen Einfluss auf die Qualität der Kanonen. Die Erfahrung hat gelehrt, dass ein und dieselbe Legirung nicht für alle Kaliber passe, und dass für die kleinen Kanonen auf 100 Theile Kupfer 8 Theile Zinn zu nehmen seien, während für grobes Kaliber 11 Theile Zinn in die Masse kommen müsse. Gut wird die Legirung dann geschätzt, wenn aus einem Geschütz 3—4000 Kugeln geworfen werden können, bevor es durch den Schwefel des Pulvers so angegriffen wird, dass es im Innern Löcher bekommt.

Die Stahlbronze ist nach Uchatius eine Legirung ohne Zusatz von Phosphor, aus gewöhnlicher Geschützbronze mit 8 pCt. Zinn bestehend; sie wird durch Kompression der flüssigen Bronze auf hydraulischem Wege und durch nachfolgende Schmiedung im kalten Zustande hergestellt. Die Geschütze aus Stahlbronze werden aus einer zweitheiligen Koquille aus Gusseisen mit eingesetztem Kern aus geschmiedetem Kupfer gegossen, von aussen abgedreht und von innen gebohrt. Die Bohrung erfolgt aber nicht auf die volle Weite von 87 mm. sondern nur auf 80 mm. Die normale Weite wird durch Eintreiben von Stahlkolben, welche etwas konisch gedreht sind, erzielt. Zum Durchpressen werden starke hydraulische Pressen verwendet; die Stahlkolben sind von 6 verschiedenen Grössen, von denen der erste und zweite sich um 2 mm. unterscheiden, die beiden letzteren jedoch in folge des fortwährenden wachsenden Widerstandes nur noch um 0,5 mm. differiren dürfen. Während sich hierbei der innere Durchmesser um 7 mm entsprechend 8,75 pCt. erweitert, erfährt der äussere Durchmesser an der Mündung nur eine Ausdehnung von 2 pCt., und der äussere

Theil behält soweit bei geringerer Härte und Festigkeit die in so hohem Grade erwünschte normale Zähigkeit der natürlichen Bronze.

Auf diese Weise erhält das ganze Rohr eine nach aussen successive abnehmende elastische Spannung um den inneren Kern, die sich auch sofort nach dem Durchpressen des letzten Presskolbens dadurch geltend macht, dass die Bohrung sich wieder um 0,4 pCt. verkleinert. Die innere Bohrung des Rohres ist vollkommen glatt, hat die Härte des Geschützstahles und bedarf nur mehr des Einscheidens der Züge. Ueber die Resultate in bezug auf Härte, Elastizität und Festigkeit hat der Erfinder Generalmajor Uchatius vielfache gewissenhaft beobachtete Versuche angestellt[1]).

Glockenmetall, Glockenbronze oder Glockenspeise muss als Haupteigenschaft einen möglichst starken schönen Klang mit Härte und Festigkeit vereinigen; am meisten entspricht dieser Forderung eine Legirung von 78 Theilen Kupfer und 22 Theilen Zinn, welche leicht schmelzbar, dünnflüssig, nach dem Erkalten gelblich-grauweiss, sehr feinkörnig und hart ist; ein Zusatz von Zink und Blei macht sie weniger tauglich. Dass Silbergehalt den Klang der Glocken schöner mache, scheint bisher eine leere Phrase zu sein, da die Analysen sogenannter Silberglocken niemals Silber ergeben haben. Der Ton der Glocken hängt vom Durchmesser, der Dicke, Elastizität und Schwere derselben ab, und zwar die Höhe oder Tiefe nur vom Durchmesser der Mündung, während Höhe und Stärke der Glocke auf die Erzeugung eines reinen, hellen, nachhallenden Tones influiren. Die nach diesem auf vorher zulässige Berechnungen gegründeten Prinzip gegossenen Glocken haben in ihren Tönen der Rechnung völlig entsprochen.

Die chinesischen Gong-Gongs (Tamtam), deren Klangfülle bekannt ist, bestehen aus 80 Theilen Kupfer und 20 Theilen Zinn und werden durch anhaltendes Ueberhämmern klingender und weniger brüchig.

Die Eigenschaften einer guten Statuenbronze sind folgende: sie muss eine dunkel-röthlich-gelbe Farbe und einen feinkörnigen Bruch besitzen, sich gut feilen und ciseliren lassen, gleichförmig gemischt und im Feuer so dünnflüssig sein, dass sie bis in die feinsten Vertiefungen der Form eindringt und ohne Löcher und Risse den Gegenstand, der geformt war, als ein Ganzes wiedergiebt, so dass alle Nacharbeiten wegfallen; sie darf auch nicht zu spröde sein, damit zufällige Reibungen und Stösse ohne Gefahr ertragen werden können und muss mit der Zeit von selbst oder durch Behandlung mit Aetzmitteln einen schönen grünen Ueberzug, die Patina der Alten, annehmen.

Die berühmte von Keller 1699 gegossene Reiterstatue Ludwigs XIV. besteht aus 91,4 Theilen Kupfer, 5,53 Theilen Zink, 1,7 Theilen Zinn und 1,37 Theilen Blei; die von Gor gegossene Bildsäule Ludwigs XV.

---

[1]) Diese Versuchsresultate sind mitgetheilt in Dingler polyt. Journal 1875. Band 217. S. 122 f.

aus 82,45 Theilen Kupfer, 10,3 Theilen Zink, 4,10 Theilen Zinn und 3,15 Theilen Blei.

Die von Stiglmeyer und Miller in München angewendete Legirung steht in ihrer Zusammensetzung der Keller'schen am nächsten; zum Gusse der über 16 Meter hohen Bavaria bei München wurden verwendet 91,5 Theile Kupfer, 5,5 Theile Zink, 1,7 Theile Zinn, 1,3 Theile Blei, zusammen 1560 Zentner.

Bronzestatuen erhalten unter dem Einfluss von Feuchtigkeit und Luft nach und nach einen dichten schön glänzenden grünen Ueberzug, den man Patina oder Antikbronze nennt (aerugo nobilis — verde antico); man hat in neuester Zeit die Beobachtung gemacht, dass Bronzestatuen in grossen Städten sich nicht mehr mit der schönen Patina bekleiden, wie wir sie an alten Standbildern bewundern, sondern eher schwarz werden, während sich in Parkanlagen, die von Städten und Fabriken entfernt liegen, eine schöne Patina auch jetzt noch bildet; so viel steht fest, dass Ausdünstungen von Schwefelwasserstoff und der Rauch schwefelhaltiger Braun- und Steinkohlen das Entstehen einer schönen grünen Patina verhindert, in folge deren sich eher schwarzes Schwefelkupfer bildet, das den Bronzen ein schwarzbraunes Ansehen gewährt. Zahlreiche Analysen von Bronzen, welche mit schöner Patina bedeckt waren, haben zu dem Schlusse Veranlassung gegeben, dass sie schnell patiniren, wenn sie viel Zink aber wenig Blei und kein Zinn enthalten; Hauptsache bleibt aber in allen Fällen eine reine Oberfläche, die entweder durch Feilen, Poliren oder Beizen hergestellt werden muss.

Bei Analysen von antiken Bronzen hat man gefunden, dass die Mengenverhältnisse der Metalle in der Patina andere als die in der Legirung waren; während nämlich der Kupfergehalt der Legirung ein sehr hoher (89,78 pCt.), der Zinngehalt ein niedriger (6,83 pCt.) war, zeigte sich der Kupfergehalt der Patina verringert (um 19,84 pCt.), der Gehalt an Zinn aber bedeutend erhöht (um 42,67 pCt.). Auch der Gehalt an Blei war merklich gestiegen. Diese Veränderung hat offenbar seinen Grund, weil Wasser mit einem Gehalt von feiner Kohlensäure die Fähigkeit besitzt, basisches Kupferkarbonat zu lösen, während Zinnoxydhydrat in demselben unlöslich ist. Eine weitere Ursache möchte in der Einwirkung von in Wasser gelöstem Ammoniak und kohlensaurem Ammonium, beide hervorgegangen durch Verwesung organischer stickstoffhaltiger Substanzen, zu suchen sein; für die Berechtigung dieser Annahme spricht das Vorhandensein von geringen Mengen Ammoniak in der Patina[1]).

Künstliche Patina entsteht, wenn man die Bronzen mit Ammoniakwasser wäscht, dann trocknet, mit Dampf erwärmt und mit einem fetten

---

[1]) Dinglers polyt. Jour. 1879 B. 232. S. 333. Diese Beobachtung möchte darauf hindeuten, wie bei Herstellung künstl. Patina zu verfahren wäre.

Körper überzieht. Eine sehr schöne Patina erhält man nach Elsner, wenn man die gut gereinigte Bronze in eine Mischung von Essig und Wasser eintaucht und sie dann mehrere Wochen lang einer feuchten Atmosphäre von Kohlensäuregas aussetzt. Otto empfiehlt die Bronze mit einer Auflösung von 4⅓ Theilen Salmiak und 1 Theil Sauerkleesalz, in 94½ Theilen destillirtem Essig zu bestreichen und den angetrockneten Ueberzug mit Leder abzureiben; sehr empfohlen wird ferner eine Lösung von 1 Theil Salmiak, 3 Theilen gereinigtem Weinstein und 6 Theilen Kochsalz in 12 Theilen heissem Wasser, und vermischt man diese mit 8 Theilen salpetersaurer Kupferlösung, welche ein spezifisches Gewicht von 1,1 hat. Diese Beize bringt, wenn die an einem mässig feuchten Ort befindliche Bronze zu wiederholten Malen damit bestrichen wird, in kurzer Zeit eine grüne, sehr dauerhafte Rostbekleidung hervor, welche anfangs rauh ist, nach und nach aber mehr Glätte erhält. Die Farbe des Rostes hängt einigermassen von der Mischung der Beize ab: mehr Kochsalz zieht ins Gelbliche, weniger Kochsalz giebt eine bläuliche Schattirung, und mehr Salmiak beschleunigt die Wirkung der Beize. Um aber den firnissähnlichen Glanz, welcher den grünen Rost antiker Stücke auszeichnet, hervorzubringen, erhitzt man die bronzirten Gegenstände und reibt sie mittelst einer steifen Bürste mit Wachs ein, wobei der Hitzegrad so gross sein muss, dass das Wachs raucht, ohne jedoch zu verbrennen.

Zum Schmelzen der Bronze wendet man Flammöfen, bei kleinen Quantitäten Graphittiegel an bei starker Flamme, weil ein rasches Einschmelzen erforderlich ist, damit nicht zu viel Zink und Zinn durch Verflüchtigung und Abbrand verloren geht. Die Metallmasse wird mit Stangen von frischem Holze umgerührt, um eine gleichförmige Mischung zu erhalten, zugleich auch um das Oxyd, welches durch die sich aus dem Holz entwickelnden brennbaren Gase entsteht, zu reduziren. Bei Schmelzung der Bronze an offener Luft oxydirt sich das Zinn leicht und geht in weissen Dämpfen durch die Esse; die zurückbleibende Legirung ist dann zinnärmer, und der Bronzegiesser muss in Rücksicht hierauf, um die genau vorgeschriebene Legirung zu erhalten, einige Prozent Zinn mehr zusetzen.

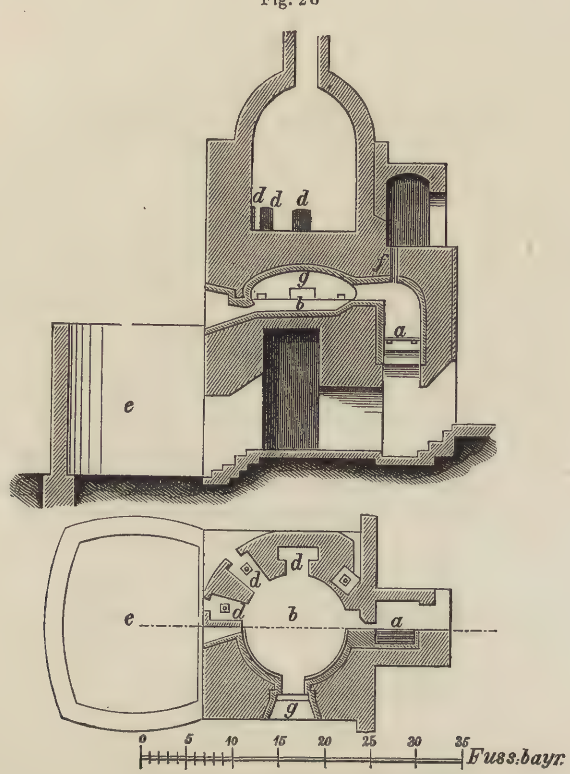
Einen Schmelzofen, wie er in der Erzgiesserei in München zu 250 Zentnern Einsatz verwendet wird, zeigt die Figur 266 mit dem Roste a, dem Schmelzherde b, der Abstichöffnung c; d sind sechs Kanäle in der Umfassungsmauer zur Abführung der Verbrennungsprodukte und e ist die Dammgrube, f der Schürkanal und g die Schargiröffnungen.

Bronze, welche vergoldet werden soll, muss eine für die Vergoldung passende Mischung haben, gehörig dünn fliessen, sich gut bearbeiten lassen, das Gold gut annehmen, aber auch das Goldamalgam nicht zu stark verschlucken.

Hierzu eignen sich nach d'Arcet folgende Mischungen:

	1		2		3		4		5	
Kupfer . .	63,70	Spez. G. 8,395	82	Spez. G. 8,215	64,45	Spez. G. 8,542	70,90	Spez. G. 8,392	72,43	Spez. G. 8,275
Zink	33,55		18		32,44		24,05		22,75	
Zinn	2,50		3		0,25		2,00		1,87	
Blei	0,25		1,5		2,86		3,05		2,95	

Fig. 26



Nach französischen Untersuchungen haben sich als beste Zusammensetzung von Bronzen für die verschiedensten Gebrauchszwecke bei der Marine folgende Legirungen erwiesen:

	Kupfer.	Zinn.	Zink.
Zähe Bronze für Ventile und Hähne etc. .	88	12	2
Sehr zähe Bronze für Excentrics	90	10	2
Bronze für Pfannen und Lager	86	14	2
Harte Bronze	84	16	2
Sehr harte Bronze	82	18	2
Glockenbronze	78	22	—
Zapfenlagerbronze (Antifriktionsmetall) mit 8 Theilen Antimon	4	96	—

Ferner werden auf den französischen Eisenbahnen empfohlen:

	Kupfer.	Zinn.	Zink.
Für Zapfenlager der Eisenbahnwagen . .	82	18	2
- Schmierbüchsen der Lokomotiven und Tender	84	16	2
- Schieberventile	82	18	2
- Zähne	88	12	2

3. Legirungen aus Kupfer, Zinn und Phosphor.

Phosphorbronze ist nach Künzel eine Legirung aus 90 Kupfer, 9 Zinn und 0,5 — 0,75 Phosphor, welch' letzterer in der Form von Phosphorkupfer eingeführt wird und in der Legirung erst als Phosphorzinn enthalten ist. Der Phosphorgehalt erhöht die Festigkeit, Zähigkeit und Elastizität der Bronze; das geschmolzene Metall ist sehr dünnflüssig und füllt die Formen in ihren feinsten Details vollständig aus. Die Phosphorbronze erscheint im Bruch feinkörnig, wie Stahl und äusserst homogen, lässt sich — was bei der gewöhnlichen Bronze nicht der Fall ist — hämmern, walzen, ziehen etc. Trotzdem dass der Werth der Phosphorbronze vielfach angezweifelt worden ist, macht sich ihre Fabrikation doch immer mehr geltend[1]); in Merseburg ist es J. Blanke & Comp., welche sechs verschiedene Legirungen fabrikmässig verarbeiten:

No. 1 Spezialqualität für Lager,

No. 2 und 3 für Dampfschieber, Zahnräder, Triebräder, Druckwalzen Kolbenringe, Stopfbüchsen, Kunstguss etc.,

No. 4 und 5 für Hohofendüsen und Formen, für Pumpkörper, Schrauben, Werkzeuge zur Pulverfabrikation, Armaturen etc.,

No. 6 zur Herstellung von Blech und Draht, für Schiffbeschläge, für Drahtseile und Telegraphendrähte.

No. 1 ist die härteste und No. 6 ist die weichste und am wenigsten elastische Phosphorbronze.

Durch zweckmässige Abänderung der relativen Gewichtsverhältnisse ihrer Bestandtheile lassen sich der Phosphorbronze verschiedene Eigenschaften ertheilen: grosse Härte, Festigkeit und wenig Elastizität für Geschützrohre, oder grosse Härte und Festigkeit, verbunden mit bleibender Elastizität für Maschinentheile, bestimmte Farbtöne für Kunstbronzen.

Zur Herstellung der Phosphorbronze hat man auch ein in der Natur vorkommendes Phosphorzinn verwendet; solches findet sich beispielsweise in den Zinnwerken von Graupen bei Teplitz mit einem Phosphorgehalt von 2,5 bis 5 pCt. Phosphor.

---

[1]) C. Künzel, Ueber Bronzelegirungen etc. Dresden 1875.

Bronze aus 95 pCt. Kupfer u. 5 pCt. Phosphorzinn ist sehr hart und zähe
- - 90 - - - 10 - - ist hart, fest und zähe
- - 80 - - - 20 - - ist stahlhart[1]).

Eine von den Professoren Dr. Stölzel und Bauschinger untersuchte Phosphorbronze aus der Fabrik von Höper & Comp. in Iserlohn ergab in bezug auf ihre Zusammensetzung:

	in der 1. Probe	in der 2. Probe
Kupfer . . .	93,68	94,11
Zinn	5,83	5,15
Phosphor . .	0,17	0,21
Zink	0,34	0,28
	100,02	99,75

In bezug auf ihre Festigkeit ergab sich:

für die 1. Probe betrug die Zugfestigkeit an der Elasticitätsgrenze in k. pro qmm. 4,6, an der Bruchgrenze 20,7; der Bruchquerschnitt war 82 pCt. des ursprünglichen, die Verlängerung betrug 12,8 pCt. der ursprünglichen Länge;

für die 2. Probe: Zugfestigkeit an der Elasticitätsgrenze = 13,65
- - - Bruchgrenze = 33,00

Bruchquerschnitt 98 pCt. der ursprünglichen Länge
Verlängerung . 0,5 - - - -

Nach diesen Festigkeitsresultaten würde ein namhafter Unterschied zwischen Phosphorbronze und gewöhnlicher guter Bronze nicht bestehen, während von anderer Seite staunenswerthe Resultate gefunden wurden!

So untersuchte Kirkaldy in London Draht von Phosphorbronze und erhielt folgende Resultate:

	Zugfestigkeit an der Bruchgrenze pr. qmm. in k. ungeglüht	geglüht
Kupferdraht	44	26
Eisendraht (bestes Holzkohleneisen) .	46	32
Stahldraht	84	51
Phosphorbronze No. 1	112	42
- No. 2	106	45
- No. 3	73	43.

Uchatius, Direktor der k. k. Geschützgiesserei in Wien, fand folgende Werthe:

	Zugfestigkeit an der Elasticitätsgrenze pr. qmm. in k.	Zugfestigkeit an der Bruchgrenze pr. qmm. in k.
Phosphorbronze No. 4 . .	6,0 — 4,0	36 — 33,4
- No. 5 . .	38 — 28	56,6 — 55,4
Krupp Geschützstahl . .	10,0	50,0
Normale Geschützbronze .	3,85	22,0.

[1]) Wochenschrift des österr. Ingenieur- und Architekt.-Vereins 1877. S. 158.

durch kaltes Hämmern, durch Walzen, durch Ausziehen lässt sich die Festigkeit noch bedeutend erhöhen.

Obgleich die Phosphorbronze bei weitem nicht jene ausgedehnte Anwendung gefunden hat, deren sie unmitttelbar nach ihrer Erfindung für fähig gehalten wurde, so ist doch das Gebiet, auf welchem sie mit Vortheil verwendet werden kann, immerhin ein sehr ausgedehntes[1]).

Zu den interessanteren neueren Legirungen gehören die des Aluminiums und des Mangans, besonders ist es die:

Aluminiumbronze mit 90 Th. Kupfer und 10 Th. Aluminium, wird hauptsächlich für solche Gegenstände verarbeitet, bei denen eine Oxydation nicht stattfinden darf oder bei der Federkraft und Haltbarkeit vereint sein soll.

Im Jahre 1872 wurden durch Fr. Schultze Versuche gemacht, Geschützbronze mit 8 pCt. Aluminium herzustellen; es wird vom Erfinder behauptet, dass Kanonen von dieser Legirung unbedingt besser halten müssen und ein Platzen, wie bei den Stahlkanonen, nicht vorkommen könne[2]).

Manganbronze wird neuerdings in England fabrikmässig dargestellt und besteht aus einer Legirung von gewöhnlicher Bronze mit einem Zusatz von Mangan, über dessen Höhe nichts angegeben ist. Die Farbe ist etwas heller und mehr goldähnlich als die von gutem Geschützmetall; das sehr feinkörnige und sehr homogene Metall ist äusserst fest, zäh und hart, lässt sich in Rothglut schmieden und können Stäbe und Bleche daraus gewalzt werden; Manganbronze dient auch zur Herstellung von Röhren und Drähten.

In Deutschland befasste sich mit Herstellung von Manganlegirungen, namentlich mit der von Manganbronze L. Biermann in Hannover; sein Cupromangan besteht aus 74,5 Kupfer, 25,0 Mangan und 0,5 Zinn und genügt von diesem 2⅔ pCt. als Zusatz zur gewöhnlichen Bronze, um die gewünschte Legirung zu erhalten.

In Frankreich, Belgien und England werden seit einiger Zeit folgende Legirungen hergestellt:

16 Zinn, 3⅓ Zink, 3⅓ Blei, 1 Cupromangan (Weissguss),
85 Kupfer, 14 Zinn, 1 Cupromangan (Rothguss), oder
42 Zinn, 40 Blei, 16 Antimon, 2 Cupromangan;

zur Anfertigung des sogen. Sterrometall werden verwendet: 54 Kupfer, 40 Zink, 6 Ferromangan.

Man setzt das Cupromangan gern dem Kupfer, der Bronze und dem Messing deshalb bei, um, wie man sagt, den Sauerstoff zu entfernen, welchen

---

[1]) Die letzten prakt. Resultate bringt der Maschinenbauer 1878. S. 331.
[2]) Fr. Schultze Metallarbeiter 1877 S. 153.

diese Metalle stets enthalten, und somit deren Zähigkeit, Festigkeit und Schmiedbarkeit wesentlich zu erhöhen[1]).

Zur Herstellung von Neusilber (Argentan) verwendet man Legirungen von 55 Theilen Kupfer, 25 Theilen Zink, 20 Theilen Nickel oder zwischen 50—66 Theilen Kupfer, 19—31 Theilen Zink und 13—18 Theilen Nickel; die hierbei vorkommenden Variationen sind je nach den Eigenschaften, die man dem Metall zu geben gedenkt, sehr verschieden, und man setzt der Legirung wohl auch noch andere Metalle bei, z. B. Eisen und Mangan zur Erhöhung der Weisse, Blei zur Erhöhung der leichteren Schmelzbarkeit, Zinn zur Erhöhung der Politurfähigkeit und des Klanges.

Man verwendet das Argentan für sich oder versilbert, und kommt dasselbe dann wohl unter dem Namen China-, Alpakka-, Perusilber als Alfénide und Christoflemetall in den Handel; auch zu Gusswaaren wird es verarbeitet und dann häufig vergoldet, ferner dient es zur Herstellung von Blechen und Drähten.

Eine Neusilber ähnliche Legirung Neogen genannt, stellt P. H. Sauvage her aus: 58 Kupfer, 27 Zink, 12 Nickel, 2 Zinn, 0,5 Aluminium, 0,5 Wismuth[2]).

Eine andere weisse unoxydirbare Legirung hat sich Marlie patentiren lassen; sie besteht aus 10 Eisen, 35 Nickel, 25 Messing, 20 Zinn, 10 Zink. Die daraus hergestellten Gegenstände werden weissglühend in ein Gemisch von 60 Thl. Schwefelsäure, 10 Thl. Salpetersäure, 5 Thl. Salzsäure und 20 Thl. Wasser getaucht[3]).

Eine Legirung die das Aussehen und die Farbe des Goldes täuschend nachahmt, wird hergestellt: 800 gr. reines Kupfer, 25 gr. Platin, 10 gr. Wolframsäure werden in einem Tiegel geschmolzen und körnig gemacht, indem man die Masse in Wasser laufen lässt, welches auf jedes cbm. Wasser 500 gr. gelöschten Kalk und 500 gr. Pottasche enthält. Die gesammelten Metallkörner erhalten dann einen Zusatz von 150 gr. Gold und wird das Ganze dann nochmals geschmolzen.

Zur Silberimitation benützt man: 65 Thl. Eisen, 23 Thl. Nickel, 4 Thl. Wolfram, 5 Thl. Aluminium, 5 Thl. Kupfer. — Eisen und Wolfram werden zusammengeschmolzen und gekörnt wie im vorhergehenden Falle, jedoch mit dem Unterschiede, dass das Wasser, in welches man die Legirung laufen lässt, 1 k. gelöschten Kalk und 1 k. Pottasche auf 1 cbm. enthält. Während des Schmelzens werden die Metalle durch ein Flussmittel bedeckt, das aus 1 Thl. Borsäure und 1 Thl. salpetersaurem Kali besteht[4]).

---

[1]) Berg- und Hüttenmännische Zeitung 1878 S. 184.

[2]) Deutsche Industrie Zeitung 1875. p. 58.

[3]) Deutsche Industrie Zeitung 1875. p. 268.

[4]) Aus dem Maschinenbauer 1879. S. 318 und 319.

Legirungen aus 10 Theilen Kupfer und 4 Theilen Nickel verwendet man zur Herstellung von **Nickelmünzen.**

Britaniametall ist zusammengesetzt aus 65—97 Theilen Zinn, dem 1—24 Theile Zink und 1—5 Theile Kupfer zugesetzt werden; es wird zu Gusswaaren (Tischglocken) und zu Blechen verarbeitet und nimmt eine äusserst schöne Politur an, wird auch wohl häufig noch galvanisch versilbert.

Legirungen, aus welchem die Lager von Wellen und dergleichen an Maschinen hergestellt werden, dann auch ähnlich zusammengesetzte Legirungen zu anderen Zwecken nennt man **Lagermetall.** Ein Theil des Lagermetalls besteht aus 73—94 pCt. Kupfer, 2—14 pCt. Zinn und Zink; die Härte der Legirungen wächst mit dem steigenden Zinngehalt; auch das Zink vermehrt die Härte, giebt aber zu gleicher Zeit grössere Festigkeit und vermindert den Reibungswiderstand; 1½ pCt. Eisen dem Zinn beigemischt, machen die Legirung hart und fest.

Einige wichtige hierher gehörende Legirungen sind folgende:

Lager von Lokomotivaxen: 82 Thl. Kupfer, 8 Thl. Zink, 10 Thl. Zinn; hierbei wird zuerst das Kupfer geschmolzen und die anderen Metalle allmälig zugesetzt. Diese Legirung wird äusserst hart.

Maschinentheile, die Stössen ausgesetzt sind: 74,1 Thl. Kupfer, 22,2 Thl. Zink, 57 Thl. Zinn.

Theile, die auf Eisen angegossen werden und festsitzen müssen: 78,7 Thl. Kupfer, 15 Thl. Zink, 3,7 Thl. Zinn.

Gewichte, Reisszeuge, Wagebalken: 90 Thl. Kupfer, 2 Thl. Zink, 8 Thl. Zinn.

Stephensons Lagermetall für Lokomotiven: 79 Thl. Kupfer, 5 Thl. Zink, 8 Thl. Zinn, 8 Thl. Blei.

Lagermetall für Triebaxen an englischen und belgischen Lokomotiven: 89 Thl. Kupfer, 7,8 Thl. Zink, 2,4 Thl. Zinn, 0,8 Thl. Eisen.

Axenlager von grosser Dauer: 73,5 Thl. Kupfer, 9,5 Thl. Zink, 9,5 Thl. Zinn, 7,5 Thl. Blei, 0,5 Thl. Eisen.

In neuester Zeit verwendet man Legirungen mit wenig Kupfer, sie sind billig und daher leicht zu ergänzen, aber weniger fest, weicher und leichter schmelzbar, so dass sie beim Warmlaufen schneller verderben; sie nutzen aber die Axenschenkel nur wenig ab und sind bei richtiger Zusammensetzung sehr empfehlenswerth. Aus sehr umfassenden Versuchen hat sich ergeben: man muss möglichst reines Zinn anwenden, und leistet den geringsten Reibungswiderstand eine Legirung mit etwa 90 pCt. Zinn, bei grösserem Zinngehalt aber wird die Legirung zu weich. Starkes Vorwalten von Antimon bis zu 30 pCt. erhöht den Reibungswiderstand bedeutend, während 11 pCt. Kupfer nicht schädlich wirken. Antimon und Zink scheinen sich ohne Nachtheil vertragen zu können.

Man hat auf Grund dieser Untersuchungen eine Legirung von 90 Thl.

Zinn, 2 Thl. Kupfer, 8 Theilen Antimon angenommen, welche allen Anforderungen entspricht.

Eine Legirung der westphälischen Eisenbahn ging 7000 Meilen ohne Reparatur und bestand aus 7 Thl. Kupfer, 82 Thl. Zinn, 11 Thl. Antimon.

Karmarsch empfiehlt: 1 Thl. Kupfer, 24 Thl. Zinn, 2 Thl. Antimon oder 1 Thl. Kupfer, 16 Thl. Zinn, 3 Thl. Antimon, oder 1 Thl. Kupfer, 13 Thl. Zinn, 2 Thl. Antimon.

Eine Masse zu Zapfen und Zapfenlagern ohne jede Schmiere und ohne dass die Lager oder Pfannen warm werden, wird Metaline genannt; bei grösseren Zapfen werden Metalinestäbe in die Lager eingeschoben, für Spindeln werden Hülsen und Pfannen davon geformt.

Nach den amerikanischen Patentbeschreibungen besteht Metaline aus: 80 Thl. feingemahlenes Pockholz unter allmäligem Zusatz von 20 Thl. Wallrath zusammengemahlen und das Ganze dann in einer Form stark gepresst. Ferner kann es dargestellt werden aus:

2. 80 Thl. Elfenbeinstaub und 20 Thl. Wallrath.
3. 99 „ Zinn, 1 Thl. Petroleumrückstand.
4. 95 „ Zink, 5 Thl. geschmolzener Kautschuk.
5. 90 „ Anthracit, 10 Thl. ölfreier Talg.
6. 98 „ Bronze (93 Thl. Kupfer, 6 Zinn, 1 Blei oder Zink) und 2 Thl. geschmolzener Kautschuk.
7. 96 „ Typenmetall, 4 Thl. geschmolzener Kautschuk.
8. 95 „ Zinnoxyd, 5 Thl. Bienenwachs.
9. 50 „ Eisen, ½ Thl. Paraffin, 50 Thl. Zinn.
10. 80 „ Blei und 20 Thl. Kannelkohle.
11. 92 „ frische Knochen, 8 Thl. Bienenwachs.
12. 90 „ präparirte Thonerde, 10 Thl. Wallrath.
13. 95 „ möglichst quarzreicher Kupferglanz, 5 Thl. geschmolzener Kautschuk.
14. 86 „ Blei, 12 Thl. Lampenruss, 2 Thl. Bienenwachs.

Die angepriesene Wirksamkeit der Metaline möchte nach diesen Angaben gerechte Zweifel erwecken.

Gewicht, Ausdehnung, Elasticität und Festigkeit der Metalle.

Die meisten Metallarbeiten werden nach dem Gewichte berechnet, und ist es daher äusserst nothwendig, nicht blos das spezifische, sondern auch das absolute Gewicht der Metalle kennen zu lernen.

In der folgenden Tabelle sind die spezifischen Gewichte nach den Angaben verschiedener Autoren zusammengestellt und die absoluten Gewichte nach Zollpfund und Kilogramm auf den Kubikfuss bayer. und den Kubikmeter berechnet.

Metalle.	Spezifisches Gewicht.	1 Kubikfuss bayer. Mass absol. Gewicht in Zollpfd.			1 Kubikmeter absol. Gew. in Kilogr.		
		Kleinstes	Mittleres	Grösstes	Kleinstes	Mittleres	Grösstes
Gusseisen . . .	6,635— 7,889	329,892	361,066	392,241	6635	7262	7889
Schmiedeeisen .	7,352— 7,912	365,541	372,462	383,384	7352	7632	7912
Stahl	7,500— 8,000	372,900	385,330	397,760	7500	7750	8000
Kupfer	8,910— 8,930	443,005	443,502	443,999	8910	8920	8930
Zink	6,850— 7,300	340,582	351,769	362,956	6850	7160	7470
Zinn	7,290— 7,470	362,458	366,933	371,408	11330	11385	11440
Blei	11,330—11,440	563,327	566,061	568,796	7820	8275	8730
Messing	7,820— 8,730	388,910	411,482	434,055	8215	8378,5	8542
Bronze	8,215— 8,542	408,449	416,476	424,508			

Gewichts-Tabelle für Metall-Platten.

Dicke in mm.	Ein □m. wiegt in Kilogr. aus				
	Schmiedeeisen	Gusseisen	Kupfer	Messing	Zink
1	7,8	7,2	8,7	8,5	6,8
2	15,5	14,4	17,4	17,1	13,7
3	23,3	21,7	26,1	25,6	20,5
4	31,1	28,9	34,8	34,2	27,4
5	38,8	36,2	43,5	42,7	34,3
6	46,6	43,4	52,2	51,3	41,1
7	54,4	50,6	60,9	59,8	47,7
8	62,2	57,9	69,6	68,4	54,8
9	70,0	65,1	78,3	76,9	61,6
10	77,8	72,4	87,0	85,5	68,5
11	85,5	79,6	95,7	94,1	75,4
12	93,3	86,8	104,4	102,6	82,2
13	101,1	94,1	113,1	111,2	89,1
15	116,6	108,6	130,5	128,3	102,8
18	140,0	130,4	156,6	154,0	123,4
20	155,5	144,9	174,0	171,1	137,1

Gewichts-Tabelle für Gusseisen.

a) Gusseiserne Röhren.

Gasleitungsröhren auf 10 Atmosphären geprüft:

Lichte Weite mm.	Baulänge Meter	Gewicht pro lfde. m. Kilogr.	Lichte Weite mm.	Baulänge Meter	Gewicht pro lfde. m. Kilogr.
35	1,3	9,6	185	2,8	51,0
40	1,9	9,0	210	3,1	62,0
55	1,9	11,7	235	3,1	71,5
65	2,2	15,5	260	3,1	84,5
80	2,8	17,7	315	3,1	102,0
90	2,8	21,2	365	3,8	139,5
105	2,8	23,9	390	3,8	159,5
120	2,8	26,5	420	3,8	172,0
130	2,8	33,3	470	3,8	186,0
155	2,8	41,4	525	3,8	206,0

b) Muffenröhren.

Wasserleitungsröhren auf 12 Atmosphären geprüft:

Lichte Weite mm.	Wand-Stärke mm.	Bau-Länge Meter	Gewicht pr. lfde. m. Kilogr.	Lichte Weite mm.	Wand-Stärke mm.	Bau-Länge Meter	Gewicht pr. lfde. m. Kilogr.
32	6	1,4	7,3	405	17	3,8	170,0
38	7	1,4	8,7	455	18	3,8	212,0
50	8	1,8	12,0	510	19	3,8	279,0
65	8	2,1	15,2	560	20	3,8	312,0
76	8	2,7	17,5	610	22	3,8	337,0
100	9	2,7	24,5	660	23	3,8	384,0
125	10	2,7	33,0	710	24	3,8	417,0
150	10	2,7	42,0	760	25	3,8	451,0
180	11	2,7	52,0	840	25	3,8	491,0
205	11	3,1	59,0	915	25	3,8	539,0
230	12	3,1	72,0	990	25	3,8	583,0
255	13	3,1	83,0	1065	25	3,8	624,0
305	14	3,1	108,0	1120	25	3,8	657,0
355	15	3,8	140,0	1220	25	3,8	697,0
380	16	3,8	154,0				

c) Flantschenröhren.

Lichte Weite mm.	Flantschen-durchmesser mm.	Bau-Länge Meter	Gewicht pr. lfde. m. Kilogr.	Lichte Weite mm.	Flantschen-durchmesser mm.	Bau-Länge Meter	Gewicht pr. lfde. m. Kilogr.
40	145	1,9	10,6	130	260	3,1	33,5
50	160	1,9	13,3	155	290	3,1	38,0
65	185	2,2	15,9	185	315	3,1	48,0
80	210	2,8	19,5	210	340	3,1	57,5
90	225	2,8	23,0	235	365	3,1	67,0
105	235	2,8	25,6	269	395	3,1	73,0
120	250	2,8	31,0	315	445	3,1	92,0

d) Ausflussröhren.

Lichte Weite mm.	Baulänge m.	Gewicht pro lfde. m. Kilogr.	Lichte Weite mm.	Baulänge m.	Gewicht pro lfde. m. Kilogr.
65	1,4	8,7	125	1,8	19,7
75	1,8	9,8	150	2,7	27,8
100	1,8	13,1			

Die Gewichte für die verschiedenen Flacheisen (Reife, Hufstäbe, Ring- und Spann-Eisen) siehe Seite 54.

Die Gewichte für Rund-, Band- und Vierkanteisen geben die Tabellen auf Seite 57 und 58.

Die Gewiehte der Fenster- und T-Eisen, der Winkeleisen, der Leisteneisen, der abgeflachten Rundeisen, der Halbrundeisen, der Geländereisen, der gewundenen Säuleneisen, der Hülfsbahnschienen sind auf den lithographirten Tafeln I. bis IV. bei den betreffenden Figuren eingeschrieben.

Die Gewichte der Rollwagenräder und Axenlager siehe Seite 61 f.

Die Gewichte der E-Eisen, der Façoneisen, der doppelt T-Eisen, der Zorès-Eisen, der Eisenbahnschienen geben die lithographirten Tafeln V. bis XIII.

Die Gewichte der Sturz- und Handelsbleche siehe Seite 89; auf Seite 91 und 93 finden sich die Gewichte für die Wellen-Bleche und für die Dillinger Buckelplatten; die Gewichte für die Drähte, Nägel und Drahtstifte sind den betreffenden Kapiteln beigegeben.

Ausdehnung.

Die Ausdehnung der Metalle durch eintretende Temperatur-Veränderungen ist bei allen wichtigen Konstruktionen gewissenhaft zu berücksichtigen; nach Redtenbacher bei einer Temperaturerhöhung von 0 bis 100° C., wenn l_1 und l_2 die Längen, F_1 und F_2 die Querschnitte, V_1 und V_2 die Volumina eines Körpers bei den Temperaturen t_1 und t_2, δ das Stück, um welches die Längeneinheit bei jedem Grade der Temperaturerhöhung zunimmt (Ausdehnungskoefficient):

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{1 + \delta t_1}{1 + \delta t_2} \text{ und fast genau}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{1 + 2\delta t_1}{1 + 2\delta t_2} \text{ und } \frac{V_1}{V_2} = \frac{1 + 3\delta t_1}{1 + 3\delta t_2}$$

Die Ausdehnungskoefficienten bei einer Wärmezunahme von 0—100° C. sind in der folgenden Tabelle gegeben:

Metalle.	Volumen-Ausdehnung (300 δ)	Flächen-Ausdehnung (200 δ)	Längen-Ausdehnung (100 δ)	
Gusseisen . . .	0,003330	0,002220	0,001110	$^1/_{901}$
Stabeisen . . .	0,003705	0,002470	0,001235	$^1/_{812}$
Stahl ungehärtet .	0,003236	0,002158	0,001079	$^1/_{927}$
Stahl gehärtet . .	0,003719	0,002479	0,001240	$^1/_{807}$
Kupfer	0,005155	0,003436	0,001718	$^1/_{582}$
Zink	0,008825	0,005883	0,002942	$^1/_{340}$
Zinn	0,005813	0,003875	0,001934	$^1/_{516}$
Blei	0,008545	0,005697	0,002848	$^1/_{351}$
Messing	0,005603	0,003735	0,001868	$^1/_{535}$

Die Ausdehnungs- oder Zusammenziehungskraft einer prismatischen Stange bei einer Temperatur-Veränderung von t Grad ist

$$P = \delta \, . \, t F E,$$

wenn mit E der Elasticitätsmodul bezeichnet wird.

Elasticität und Festigkeit der Metalle.

Werden Materialien als Konstruktionstheile von Bauwerken verwendet, so ist vor Allem diejenige äusserste Grenze zu bestimmen, bis zu welcher die Materialien bei dauernder Belastung auf ihre Festigkeit beansprucht werden dürfen, diese Grenze ist im allgemeinen in der Elasticitätsgrenze gegeben.

Jede äussere Kraft, die auf einen Körper einwirkt, erzeugt eine Formveränderung des Körpers, die Bewegung dauert so lange fort, bis die durch die äussere Kraft hervorgerufenen inneren Spannungen der äusseren Beanspruchung das Gleichgewicht halten. Wird diese Beanspruchung aufgehoben, so nimmt der Körper entweder nahezu seine frühere Gestalt wieder an, oder er behält eine bleibende Formveränderung bei. Erstere verschwindende oder elastische Formveränderung ist nahezu proportional der Belastung. Die letztere dauernde Formveränderung ist nahezu proportional dem Ueberschuss der Belastung über diejenige, welche die Grenze der elastischen und dauernden Veränderung hervorgerufen hat. Die Grenze, vor welcher der Körper nach Aufhören der Belastung seine frühere Gestalt wieder annimmt, und nach welcher dies nicht mehr vollständig der Fall ist, wird Elasticitätsgrenze genannt.

In bezug auf die Elasticitätsgrenze hat Prof. Bauschinger nachgewiesen, dass durch Strecken von Metallen über ihre ursprüngliche Elasticitätsgrenze hinaus, sich ihre Elasticität erhöht und zwar nicht blos während der Zeit, in der die Belastung wirkt, sondern auch noch während einer auf die

Streckung folgenden, längeren Ruhe (ohne Belastung) von einem oder mehreren Tagen, und kann hierbei die Belastungsgrenze selbst über die Belastung hinaus gehoben werden, mit welcher die Streckung hervorgebracht wurde. Diese Erscheinung — durch vielfache Versuche zur Evidenz erwiesen — ist ohne Zweifel in einer Aenderung der gegenseitigen Lagerung der Molekule zu suchen, die während der Streckung vor sich geht und durch welche eine Vergrösserung der Kohäsion hervorgebracht wird.

Lässt man nach Wöhler abwechselnd in rascher Folge und oft hinter einander eine kleinere oder grössere Belastung auf einen Stab einwirken, so wird ein Bruch herbeigeführt, auch wenn die grössere jener beiden Belastungen unter derjenigen liegt, welche ruhend den Bruch des Stabes veranlassen würde. Interessant sind ferner die von Prof. Bauschinger angestellten Versuche über die Wirkung abwechselnder Belastungen, wenn zwischen denselben längere Pausen der Ruhe gegeben werden; hierbei wurde — um nur ein Beispiel anzuführen — gefunden, dass für Bessemerstahl und auch für Zink nachgewiesen, dass sich ihre Elasticität in der Zeit längerer Ruhe nach dem Strecken noch weiter erhöhte, als während des Streckens selbst[1]).

Wird durch eine äussere Kraft ein Stab in seiner Längenrichtung auf Zug oder Druck beansprucht, bis die Elasticitätsgrenze erreicht ist, so giebt das Verhältniss seiner nunmehrigen Länge zur ursprünglichen den Elasticitätskoefficienten an, der also ein direktes Mass für die Elasticitätsgrenze eines Körpers bietet. Eine jede Verlängerung oder Verkürzung eines Stabes durch eine äussere Belastung ist mit einer Querschnittsvermehrung beziehungsweise Verminderung verbunden, d. h. es findet eine Querkontraktion resp. Querausbauchung statt. Bezeichnet λ die Verlängerung oder Verkürzung der Längeneinheit, so ist der absolute Werth der Kontraktion oder Ausbauchung in der auf die Längenrichtung Normalen $\frac{\lambda}{m}$, wo m eine experimentell zu bestimmende Konstante ist, die vom Material abhängt und von Grashof zwischen 3 und 4 liegend angegeben wird.

Ein Mass für die durch äussere Beanspruchung hervorgerufenen inneren Spannungen giebt der Elasticitätsmodul, der als diejenige Kraft definirt werden kann, die nöthig wäre, um einen Stab vom Querschnitte = 1 um seine eigene Länge auszudehnen oder zusammenzudrücken, eine solche Formveränderung als möglich vorausgesetzt. Da, wie oben angegeben, die elastischen Formveränderungen eines Körpers als proportional mit der äusseren Belastung betrachtet werden können, ist eine experimentelle Bestimmung dieses Elasticitätsmoduls leicht durchzuführen. Bezeichnet P die Zugbeanspruchung des Stabes vom Querschnitt gleich

---

[1]) Näheres siehe Dingler's polyt. Journ. 1877, Band 227, S. 1, 8, 134 f.

der Flächeneinheit und von der Länge gleich der Längeneinheit, λ die Verlängerung des Stabes, welche durch diese Beanspruchung erzeugt wird, so lässt sich der Elasticitätsmodul E leicht nach folgender Gleichung bestimmen:

$$E = \frac{P}{\lambda}$$

Folgende Tabelle giebt für die am häufigsten vorkommenden Metalle die Werthe des Elasticitätsmoduls E in Kilogrammen pro Quadratcentimeter Querschnitt:

Metalle.	E	Metalle.	E
Schmiedeeisen . . .	2,020,000	Kupfer gehämmert .	1,100,000
Eisendraht	2,200,000	Kupferdraht	1,300,000
Eisenblech	1,800,000	Messing	650,000
Gusseisen	1,010,000	Messingdraht . . .	1,000,000
Stahl	2,000,000	Glockengut	320,000
Gussstahl ungehärtet .	2,000,000	Blei	50,000
Gussstahl angelassen .	3,000,000		

Diejenige Kraft, die einer Verlängerung oder Verkürzung des Stabes bis zur Elasticitätsgrenze entspricht, also der für die praktische Berechnung eines Konstruktionstheiles weitaus wichtigere Werth wird Tragmodul genannt, und unterscheidet man entsprechend den verschiedenen einfachen Beanspruchungen eines Stabes einen Zug- und einen Drucktragmodul.

Eine wichtige Rolle bei Betrachtung der Festigkeit der Materialien, insbesondere der Metalle, spielt die Dehnbarkeit derselben. Unter Dehnung wird diejenige Verlängerung eines Stabes verstanden, die er bei Beanspruchung auf Zug bis zum Bruche erfährt. Die Dehnbarkeit umfasst demnach mehr den Theil der unelastischen Formveränderungen eines Körpers.

Nicht ohne Einfluss auf die Festigkeit oder Dehnbarkeit der Materialien ist die umgebende Temperatur, natürlich nur die Temperaturen verstanden, die von der Lufttemperatur nicht zu sehr abweichen, jedenfalls weit von dem Schmelzpunkte des betreffenden Materials liegen. So liegt z. B. die Elasticitätsgrenze für Schmiedeeisen und Stahl bei starker Kälte etwas höher als bei gewöhnlicher Temperatur, sie sinkt, wenn das Eisen über unsere Lufttemperatur erwärmt wird, doch beträgt die Aenderung für Schmiedeeisen in den Grenzen von -33^0 C. und $+140^0$ C. nur ungefähr 0,03 pCt. bis höchstens 0,05 pCt. Der Widerstand, den Eisen Stössen und Erschütterungen entgegensetzt, wird jedoch bei starker Kälte sehr verringert, das Material wird bedeutend spröder, doch sind hierüber die Meinungen noch sehr verschieden, die häufigen Brüche von Eisenbahnwagen-

axen im Winter werden z. B. von Vielen den heftigeren Erschütterungen der gefrorenen Unterlage zugeschrieben.

Die verhältnissmässig grosse Widerstandsfähigkeit gegen jede Beanspruchung auf Festigkeit verbunden mit einer ziemlich leichten Formgebung machen die Metalle zu werthvollen Baumaterialien; eine genaue Kenntniss der Festigkeit derselben ist daher für den Bautechniker von grosser Wichtigkeit, da andererseits der ziemlich hohe Preis der Metalle den Konstrukteur zwingt, das Material womöglich bis zur äusserten zulässigen Grenze zu beanspruchen. Die Vielseitigkeit der Anwendung der Metalle bedingt die Nothwendigkeit sämmtliche Fälle der Festigkeitslehre einer eingehenderen Betrachtung zu unterwerfen.

A. Absolute und rückwirkende Festigkeit.

Erfährt ein Stab durch eine äussere Belastung nur einen Zug in seiner Längenrichtung, so nennt man den hierdurch hervorgerufenen Widerstand des Stabes die absolute oder Zugfestigkeit des betreffenden Materials.

Erfolgt diese Beanspruchung nicht als Zug, sondern als Druck in der Längenrichtung, und darf hierbei keine einseitige Ausbiegung des Stabes befürchtet werden, so wird der dieser Beanspruchung entgegengesetzte Widerstand als rückwirkende oder Druckfestigkeit bezeichnet.

Die absolute und rückwirkende Festigkeit eines Stabes wird, bei letzterer nur, wenn eine einseitige Ausbiegung nicht stattfindet, nur abhängig sein von der Festigkeit des Materials selbst, d. h. von der Kohäsionskraft der kleinsten Theile gegen einander und vom beanspruchten Querschnitt des Stabes, dagegen vollständig unabhängig von der Länge desselben.

Soll demnach die Kraft bestimmt werden, die nöthig ist, um einen Stab von gegebenem Querschnitt zu zerreissen, beziehungsweise zu zerdrücken, so ist es nur nöthig, den Querschnitt mit einem Koefficienten zu multipliziren, der angiebt, welche Kraft nöthig ist, einen Stab, dessen Querschnitt gleich der Flächeneinheit ist, zu zerreissen, beziehungsweise zu zerdrücken; dieser Koefficient wird Zug- oder entsprechend Druckbruchmodul genannt.

In der Praxis handelt es sich jedoch gewöhnlich nicht darum, die Kraft zu bestimmen, die nöthig ist, einen Körper zu zerreissen oder zu zerdrücken, sondern um diejenige Belastung, die dem Körper zugemuthet werden kann, wenn eine Konstruktion für die Dauer als sicher betrachtet werden soll, oder umgekehrt für eine gegebene Kraft den entsprechenden Querschnitt unter dieser Bedingung zu bestimmen. Wie oben bemerkt, soll im Maximum ein Stab bis zu seiner Elasticitätsgrenze beansprucht werden, so dass statt des Zug- oder Druckbruchmoduls der Zug- oder

Drucktragmodul eingeführt werden müsste. Das Verhältniss dieses Zug- oder Druckbruchmoduls zum eingeführten Modul wird der Sicherheitsgrad der Konstruktion genannt. Dieser Sicherheitsgrad ist keineswegs als feststehende Zahl zu betrachten, sondern hat für jeden einzelnen Fall zu variiren. Vergleicht man die in untenstehender Tabelle angegebenen Werthe des Tragmoduls mit den Werthen, die andere Experimentatoren angeben, so findet man so bedeutende Differenzen, dass man wohl berechtigt ist, den Schluss zu ziehen, dass die Elasticitätsgrenze ein für die Materialien durchaus noch nicht mit derjenigen Sicherheit festgestellter Punkt sei, um mit der Beanspruchung des Materials bis zu dieser Grenze gehen zu dürfen; man muss, wenn man sicher sein will, eine solide Konstruktion durchzuführen, weit unterhalb dieser Grenze bleiben, und hat deshalb in der Berechnung nicht den so unsicheren Tragmodul, sondern eine weit unterhalb desselben liegende sogenannte zulässige Belastung einzuführen, ein Werth, der an der Hand der Erfahrung für jede Konstruktion verschieden gewählt werden kann. Von vielen neueren Autoren wird dieser Erfahrungskoefficient als ungefähr in der Hälfte des Tragmoduls liegend angegeben. Die in umstehender Tabelle angegebene zulässige Belastung darf ebenfalls nur als Mittelwerth betrachtet werden, von welchem nach oben und unten nach Gutdünken abgewichen werden muss. Allgemein dürfte man vielleicht folgende Gesichtspunkte aufstellen: Der Sicherheitsgrad ist gross zu nehmen und entsprechend die zulässige Spannung klein, wenn Stösse oder Erschütternngen auf das Material einwirken, die leicht entweder direkt einen Bruch erzeugen könnten oder die Textur des Materials so ändern, dass die Bruchgrenze dadurch weit hereingerückt wird, wenn zufällig Belastungen eintreten können, deren Grösse nicht angegeben werden kann, die sich auch einer Rechnung oder Schätzung entziehen, wenn starke Abnützung zu befürchten ist, und endlich wenn die Beschaffenheit und Festigkeit des zu verwendenden Materials nicht genau bekannt ist.

Umgekehrt kann der Sicherheitsgrad verhältnissmässig klein für sehr grosse Konstruktionen sein, für Theile, die keine aussergewöhnlichen Beanspruchungen erfahren, und wenn man von der Güte des zu verwendenden Materials vollständig überzeugt ist.

Eine Reihe hervorragender Gelehrten hat sich schon seit langer Zeit mit Versuchen über die Festigkeit der Metalle beschäftigt, es mögen hier nur erwähnt werden: Eitelwein, Karsten, Muschenbroeck, Perronet, Navier, Rondelet, Rennie, Seguin, Dufour, Brown, Telford, Tredgold, Wollaston, aus der neueren Zeit: Brix, Karmarsch, Redtenbacher, Moseley, Hodgkinson, Fairbairn, Wöhler, Bauschinger und andere, deren Versuchsresultate allerdings oft bedeutend von einander abweichen, was jedoch nur beweisen kann, dass es unmöglich ist, durch die metallurgischen Prozesse vollständig gleichheitliches Material zu

erzeugen. Sollen also grosse Konstruktionen durchgeführt werden, so wird man genöthigt sein, das hierbei zu verwendende Material erst einer genauen Prüfung zu unterwerfen und darnach die Festigkeitskoefficienten zu bestimmen.

Nachstehende Tabelle giebt die von Heinzerling zusammengestellten Werthe der Koefficienten für Zug- und Druckfestigkeit für die als Baumaterial am häufigsten angewandten Metalle. Es sind hier dieselben Bezeichnungen für diese Koefficienten beibehalten, wie sie für die Hölzer angegeben wurden, so dass also:

Z den Zugbruchmodul,
D den Druckbruchmodul,
z den Zugtragmodul,
d den Drucktragmodul,
E den Elasticitätsmodul,

$\lambda_z = \frac{z}{E}$ die Verlängerung

des Stabes bei Zugbeanspruchung bis zur Elasticitätsgrenze, $\lambda_d = \frac{d}{E}$ die entsprechende Verkürzung bei Druckbeanspruchung bedeutet.

Sämmtliche Werthe sind in Kilogrammen, bezogen auf den Quadratcentimeter, angegeben.

Metalle.	Verwendung unter günstigen Umständen					λ_z	λ_d
	Z	D	z	d	E		
Schmiedeeisen	4040	$^4/_5$ Z	1614	z	2020000	$^1/_{1250}$	λ_z
Eisenblech, parallel zur Walzrichtung	3630	—	1450	—	1800000	$^1/_{2220}$	—
Eisenblech, senkrecht zur Walzrichtung	3300	—	1250	—	1800000	$^1/_{1440}$	—
Eisendraht	6460	—	2580	—	2200000	$^1/_{843}$	—
Stahl	8000	$^7/_8$ Z	3000	z	2030000	$^1/_{676}$	λ_z
Gussstahl	10000	—	5000	—	2000000	$^1/_{400}$	—
Gusseisen	1450	$5^1/_2$ Z	650	3 z	1010000	$^1/_{1552}$	$3\lambda_z$

Es sei die Einwirkung der Belastung möglichst konstant und gewöhnlicher Einfluss der Atmosphärilien bei möglichst langer Dauer der Konstruktion vorausgesetzt.

Metalle.	Wenige Erschütterungen					Bedeutende Erschütterungen				
	s	p	E	λ_s	λ_p	s	p	E	λ_s	λ_p
Schmiedeeisen . .	1340	s	1940000	$^1/_{1446}$	λ_s	670	5	1860000	$^1/_{2771}$	λ_s
Eisenblech, parallel zur Walzrichtung	1210	—	1700000	$^1/_{1400}$	—	605	—	1600000	$^1/_{2667}$	—
Desgl. senkrecht zur Walzrichtung	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Eisendraht	2150	—	2100000	$^1/_{977}$	—	1070	—	2020000	$^1/_{1830}$	—
Stahl	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Gussstahl . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Gusseisen . . .	400	480	370000	$^1/_{2400}$	$4\lambda_s$	—	—	—	—	—

In vorstehender Tabelle bedeutet s die zulässige Zugspannung,
p die zulässige Druckspannung,
λs und λp die den zulässigen Spannungen entsprechenden Verlängerungen und Verkürzungen.

Redtenbacher giebt folgende Werthe für Z und D an:

Metalle.	Z	D
Schmiedeeisen	4350	$^4/_5$ Z
Schmiedeeisen dick . .	3300	$^4/_5$ Z
Eisendraht	7000	—
Gusseisen	1000—1300	5,5 Z
Gussstahl	10,000	—
Stahl	7500	—
Kupfer gegossen . . .	1300	—
Kupfer gehämmert . .	2500	—
Zink	199	—
Blei	128	—

Minard und Desormes, Brown und Rennie geben für Gusseisen Z = 1280 Kilogr. an, Rondelet giebt D = 4945. Nach Rennie werden kleine Würfel der folgenden Metalle von $^1/_4$ Zoll engl. gleich 6,2 mm. Seite zerdrückt durch:

Metalle.	D	
	Pfund engl. auf $^1/_{16}$ □″ engl.	Kilogramm pro □ zm.
Gusseisen	10341	11600
Kupfer gegossen . . .	7318	8233
Blei	483	540

Diese Versuche können jedoch wegen der Kleinheit der zerdrückten Würfel nicht als massgebend betrachtet werden.

Hodgkinson giebt als seine Versuchsresultate D = 7440 Kilogramm pro Quadratcentimeter. Für Schmiedeeisen bestimmt er D = 2500 Kilogr. Aus diesen Angaben geht hervor, dass Gusseisen einen bedeutend grösseren Widerstand gegen Druck als gegen Zug zeigt, durchgängig ist der Drucktragmodul desselben grösser als der des Schmiedeeisens angegeben, dieses Verhältniss führt unmittelbar dazu, Gusseisen soweit als es zum Bau-

material verwendet wird, nur auf Druck zu beanspruchen, in allen anderen Fällen womöglich Schmiedeeisen anzuwenden. Ein bedeutender Nachtheil des Gusseisens für seine Anwendung ist die meist geringe Homogenität desselben; durch den Guss werden in dem Material leicht Blasenräume erzeugt, die sich einer rechnerischen Beurtheilung vollständig entziehen. Ausserdem werden durch die ungleiche Abkühlung des flüssigen Materials bei verschiedenen Querschnitten innere Spannungen erzeugt, die so gross werden können, dass ein Bruch bei unverhältnissmässig kleiner Belastung erfolgt, und dieser Bruch erfolgt plötzlich nicht wie beim ungleich zäheren Schmiedeeisen nach stark bemerkbarer Einbiegung. Es ist deshalb auch für Beanspruchung auf relative Festigkeit, soweit als thunlich, vom Gusseisen als Baumetall abzusehen und dasselbe durch das bedeutende Vortheile zeigende Schmiedeeisen zu ersetzen.

Materialien, die einen grossen Unterschied zwischen dem Bruch- und Tragmodul zeigen, besitzen im hohen Grade die Eigenschaft der Zähigkeit. Geht man bei Schmiedeeisen mit der Belastung etwas über die Elasticitätsgrenze, so dass schon eine bleibende Formveränderung eingetreten ist, so wird der Elasticitätsmodul nicht verändert, dagegen der Tragmodul sogar erhöht, so zeigt z. B. ein mit 2000 Kilogr. pro Quadratcentimeter belasteter Stab eine bleibende Verlängerung; in diesem Zustande wieder belastet ist der neue Tragmodul 2000 Kilogr. pro Quadratcentimeter, eine Zahl, die vom Mittelwerthe von 1500 bis 1600 Kilogramm bedeutend abweicht.

Nach Versuchen von Fairbairn über den Einfluss der Temperatur auf die Festigkeit des Schmiedeeisens ist zu schliessen, dass dieselbe anfangs mit wachsender Temperatur zunimmt, bis sie bei ungefähr 200° C. ihr Maximum erreicht, das 20 Prozent grösser sein kann, als die Festigkeit bei gewöhnlicher Lufttemperatur. Von diesem Punkt an nimmt sie jedoch bedeutend ab und beträgt bei 600° C. (dunkelrothglühend) pro Grad C. nur noch ½ bis ⅓ des gewöhnlichen Werthes. Die Zugfestigkeit des Kupferblechs nimmt mit wachsender Temperatur stetig ab und beträgt bei 400° nur noch ⅓ derjenigen bei 0°. Drähte verlieren nach Brix durch Ausglühen ungefähr ⅓ ihrer Festigkeit, es erhöht sich dagegen die relative Verlängerung bei Beanspruchung bis zum Zerreissen λ_z von 0,0034 bis 0,0885.

Karmarsch fand, dass der Widerstand, den Drähte dem Zerreissen entgegensetzen, sich nicht einfach wie das Quadrat ihres Durchmessers verhält, sondern leitete aus seinen Versuchen folgende Formel ab:

$$Z = \alpha\delta + \beta\delta^2.$$

δ bedeutet in dieser Formel den Durchmesser des Drahtes, Z die Zugfestigkeit in Kilogramm pro Quadratcentimeter. Für die Konstanten α und β giebt er folgende Werthe:

Drahtsorten.	ungeglüht		geglüht	
	α	β	α	β
Stahldraht	21	50	3	45
Bester Eisendraht . . .	12,5	50	3	26
Gewöhnlicher Eisendraht .	18	36	5	22,5
Messingdraht	8	43	5,5	22,5
Kupferdraht	7,5	27,5	0	18,5
Platindraht	9,5	17,5	7,5	14,5
Zinkdraht	1,75	10	—	—
Draht von hartem Blei .	0	1,75	—	—
Draht von weichem Blei .	0	1,35	—	—

Die Zugfestigkeit des Eisenblechs ist durchschnittlich in der Walzrichtung grösser, als senkrecht hierzu. Grashof nimmt als Mittelwerth an, dass letztere nur ungefähr 0,9 von der Zugfestigkeit in der Walzrichtung beträgt.

Die englische Admiralität verlangt[1]), dass Bleche bester Qualität einen Bruchkoefficienten von 3500 Kilogramm in der Walzrichtung und 2800 Kilogramm normal hierzu zeigen sollen.

Für Bleche zweiter Qualität bestimmt sie: 3200 Kilogramm in der Walzrichtung, 2700 Kilogramm normal hierzu. Ausserdem werden diese Bleche auf ihre Zähigkeit dadurch geprüft, dass sie im warmen und kalten Zustande über die mit einem Radius von 13 mm. abgerundete Kante einer Gusseisenplatte abgebogen werden und der Winkel α bestimmt wird, den das abgebogene Stück mit dem übrigen Bleche einschliesst. Die verlangten Werthe des Winkels α sind in folgender Tabelle angegeben:

Bleche erster Qualität:

Im warmen Zustande gebogen:

$\delta = \leq 25$ mm. in der Walzrichtung $\alpha = 125°$, normal hinzu $\alpha = 90°$.

Im kalten Zustande gebogen:

$\delta =$	25	22	19	16	11	8	5
$\alpha \parallel$ [2]) $=$	15°	20°	25°	35°	50°	70°	90°
$\alpha \perp =$	5°	10°	—	19°	20°	30°	40°

Bleche zweiter Qualität:

Im warmen Zustande gebogen:

$\delta \leq 25 \qquad \alpha \parallel = 90° \qquad \alpha \perp = 60°$

[1]) Dingler, polyt. Journal 1867.

[2]) $\parallel$ bedeutet parallel zur Walzrichtung, $\perp$ bedeutet senkrecht zu dieser Richtung

Im kalten Zustande gebogen:

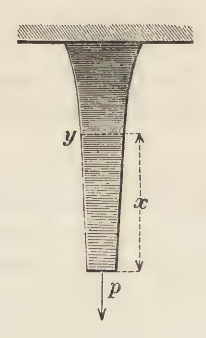
$\delta =$	25	22	19	16	11	8	5
$\alpha \parallel =$	10°	15°	20°	30°	45°	55°	75°
$\alpha \perp =$	—	—	5°	10°	15°	20°	30° [1]

Ist ein vertikaler Stab von bedeutender Länge durch die Kraft P belastet, so wird es nothwendig, das Eigengewicht des Stabes zu berücksichtigen, damit nicht die oberen Querschnitte stärker beansprucht werden, als die unteren. Einen Stab von vollkommen gleicher Festigkeit, d. h. von vollkommen gleich beanspruchten Querschnitten liefert die Gleichung:

$$y = \frac{P}{s} e^{\frac{\gamma}{s} x}$$

In dieser Formel bedeutet y einen Querschnitt in der Entfernung x vom Ende des Stabes, s die zulässige Belastung; γ das Gewicht der Kubikeinheit und e die Basis der natürlichen Logarithmen e = 2,71828. (Fig. 267).

Fig. 267.



Hauptsächlich auf absolute Festigkeit zu berechnen sind die in neuerer Zeit so häufig angewandten Drahtseile, die sowohl zum Ersatz der viel rascher verbrauchten Hanfseile als auch direkt als Konstruktionstheil in den Drahtseilbrücken und zur Transmission von Kräften auf grössere Entfernungen in den Drahtseiltrieben Anwendung finden.

Die Drahtseile sind meist nach Art der Taue gedreht und wird eine Anzahl von Drähten zu einer Litze vereinigt und mehrere Litzen wiederum zum eigentlichen Seile gedreht.

Eine der häufigsten Zusammenstellungen sind 36 Drähte in 6 Litzen, von welchen demnach jede 6 Drähte enthält.

Werden die Drahtseile dicker, so verlieren sie bedeutend an Beweglichkeit, eine Eigenschaft, die bei Drahtseilaufzügen, wo das Seil auf einer Trommel auf- und abläuft, sehr schätzenswerth ist; man müsste in solchen Fällen, um den Seilen nicht zu schaden, sehr grosse Rollen anwenden; dies zu vermeiden, ersetzt man das runde Seil durch ein flaches, sogenanntes Banddrahtseil, in welchem mehrere Strähne nebeneinander gelegt sind und durch quer genähte Drähte oder flache Stifte zusammengehalten werden. Die gebräuchlichsten sind die sechssträhnigen von je 24 Drähten.

Nach Reuleaux können Drahtseile nach folgenden Formeln berechnet werden:

---

[1] Ueber die Zugfestigkeit besonderer Kesselbleche und Walzeisen-Sorten siehe Bauschinger: Mittheilungen aus dem mechan. techn. Laboratorium der techn. Hochschule in München. Zeitschr. d. bayr. Arch. und Ingen. Vereins 1873.

$$\delta = \frac{3}{8} \sqrt{\frac{P}{n}}$$

wo δ den Durchmesser eines Drahtes,
n die Anzahl der Drähte im Seile,
P die angehängte Last bedeutet.

Für ein 36 drähtiges Seil wäre demnach:

$$\delta = \frac{1}{16} \sqrt{P} \text{ oder } P = 256\ \delta^2.$$

Für ein 144 drähtiges:

$$\delta = \frac{1}{32} \sqrt{P} \text{ oder } P = 1024\ \delta^2.$$

Für Drahtseile, die in bedeutender Länge angewendet werden, ist das Eigengewicht sehr in Rechnung zu ziehen, es ergiebt sich pro laufenden Meter zu

$$Go = 0{,}007\ n\ \delta^2.$$

und kann als proportionel der Nutzlast betrachtet werden, man erhält dann:

$$Go = P/_{1000} \text{ oder } P = 1000\ Go.$$

Für eine Schachttiefe, das Drahtseil als Förderseil gedacht von 1000 Metern, müsste die Nutzlast gleich Null sein, das Seil wäre nun im Stande, sich selbst frei zu tragen, zerreisen wird es in einer ungefähren Tiefe von 5000 bis 6500 Metern.

Folgende Tabelle[1]) enthält zusammengestellt die bis jetzt berechneten Werthe für runde 36 dräthige und flache 144 drähtige Seile. Ausser den bekannten Buchstaben sind in dieser Tabelle noch gebraucht: d als Durchmesser des runden und Dicke des flachen Seils, b Breite des flachen Seils, R kleinster Radius einer allenfalls angewandten Seiltrommel, wenn das Seil durch die Abbiegung nicht zu sehr leiden soll.

Draht-		Runde 36er Seile			Flache 144er Seile				
Dicke δ	No. engl.	d mm.	P Kgr.	Go Kgr.	d mm.	b mm.	P Kgr.	Go Kgr.	R mm.
1	20	8,0	256	0,25	6,0	36,0	1024	1,00	555
1,2	19	9,6	369	0,36	7,2	43,2	1474	1,45	666
1,4	18	11,2	512	0,44	8,4	50,4	2007	1,98	777
1,6	17	12,8	655	0,64	9,6	63,6	2621	2,58	888
1,8	16	14,4	829	0,81	10,8	64,8	3317	3,27	999
2,00	15	16,0	1024	1,00	12,0	72,0	4095	4,03	1110
2,25	14	18,0	1296	1,26	13,5	81,0	5183	5,10	1249
2,50	13	20,0	1600	1,56	15,0	90,0	6399	6,30	1388
2,75	12	22,0	1936	1,39	16,5	99,0	7743	7,62	1526
3,00	11	24,0	2304	2,25	18,0	108,0	6215	9,07	1665

Die bedeutende Drahtseilfabrik von Felten und Guilleaume in Köln liefert Seile von folgender Stärke und Festigkeit:

[1]) Reuleaux „Der Konstrukteur“.

Runde Seile

aus gehämmertem Holzkohleneisen						Patent. Gussstahl	
Durchmesser d mm.	Anzahl der Drähte n	Dicke der Drähte δ mm.	Gewicht pro lfde. Meter G o Kilogr.	Bruchbelastung in Kilogr.	Förderlast in Kilogr. bei 250 m. Teufe	Bruchbelastung in Kilogr.	Förderlast in Kilogr. bei 300 m. Teufe
7	24	0,9	0,21	1200	100	2200	200
8	36	0,9	0,32	1800	150	3200	300
10	42	0,9	0,38	2100	200	3800	350
11	36	1,2	0,48	2500	250	5500	500
13	42	1,2	0,58	3000	300	6400	600
15	36	1,5	0,75	4200	400	8500	750
16	42	1,5	0,85	5000	500	12000	1000
18	36	1,9	1,07	6300	600	15000	1200
20	42	1,9	1,28	7400	700	17000	1300
22	49	1,9	1,53	8600	800	19000	1500
23	36	2,5	1,70	11000	900	23000	1800
25	42	2,5	2,13	12600	1000	25000	1900
	84	1,9	2,40	14700	1200	33000	2500
28	42	2,7	2,40	14700	1200	32000	2500
	49	2,5	2,50	14700	1200	32000	2500
30	36	3,1	2,55	16200	1250	29000	2200
	114	1,9	3,20	20000	1800	46000	3600
	42	3,1	3,04	19000	1700	34000	2500
33	36	3,5	3,20	20000	1800	35000	2500
	72	2,5	3,52	21600	1900	46000	3500
	49	3,1	3,75	22000	1900	40000	2900
35	42	3,5	3,98	23300	2000	41000	2900
	84	2,5	4,00	25000	2100	55000	4300
38	98	2,5	4,64	29000	2400	64000	5000
	49	2,5	4,80	27500	2200	48000	3500
40	114	3,5	5,44	34200	2600	75000	5700
	84	3,1	5,60	37000	2800	68000	5200
43	133	2,5	6,90	40000	3000	86000	6500
45	114	3,1	8,00	51000	4000	90000	6600
50	133	3,1	9,28	60000	5000	108000	8000
	114	3,5	10,30	64000	5000	113000	8200

Flache Seile

aus gehämmertem Holzkohleneisen							Patent. Gussstahl	
Breite b mm.	Dicke d mm.	Anzahl der Drähte n	Dicke der Drähte δ mm.	Gewicht pro lfde. Meter G o Kilogr.	Bruchbelastung in Kilogr.	Förderlast bei 250 m. Teufe in Kilogr.	Bruchbelastung in Kilogr.	Förderlast bei 350 m. Teufe in Kilogr.
40	8	144	0,9	1,97	3600	300	13300	1000
55	11	144	1,2	1,60	7200	600	22000	1500
65	13	120	1,5	2,66	13000	1000	29200	2000
75	16	144	1,5	3,50	16000	1200	35000	2500
90	16	168	1,5	4,10	18500	1400	40000	3000
75	14	120	1,9	3,68	21000	1500	49000	3500
80	17	144	1,9	4,25	25000	1700	58000	4500
100	20	168	1,9	5,10	29000	2000	68000	5000
110	20	196	1,9	5,84	34000	2500	80000	6000
125	20	224	1,9	6,67	39000	2800	90000	6500
135	22	256	1,9	8,00	45000	3500	102000	7000
130	23	168	2,5	7,97	50000	4000	108000	8000
150	23	196	2,5	9,30	58800	4500	117000	9000
170	23	224	2,5	10,70	67000	5000	130000	10000
175	28	256	2,5	14,50	77000	5500	150000	11000

Dieselbe, wohl noch grössere Vielseitigkeit der Anwendung in der Bautechnik finden die Ketten, deren Inanspruchnahme ebenfalls nur auf absolute Festigkeit erfolgen kann. Sie dienen sowohl zum ruhigen Tragen von Lasten, als auch zum Heben derselben und zur Transmission der Kräfte. Man unterscheidet in Hinsicht auf obige Wirkungen Lastketten und Treibketten und muss selbstverständlich durchgängig letztere verhältnissmässig stärker konstruiren als erstere.

Nach ihren konstruktiven Eigenthümlichkeiten sind hauptsächlich 5 Klassen von Ketten zu nennen, die durch nachstehende Figuren 268 bis 272 dargestellt sind.

Fig. 268. Fig. 269. Fig. 270.

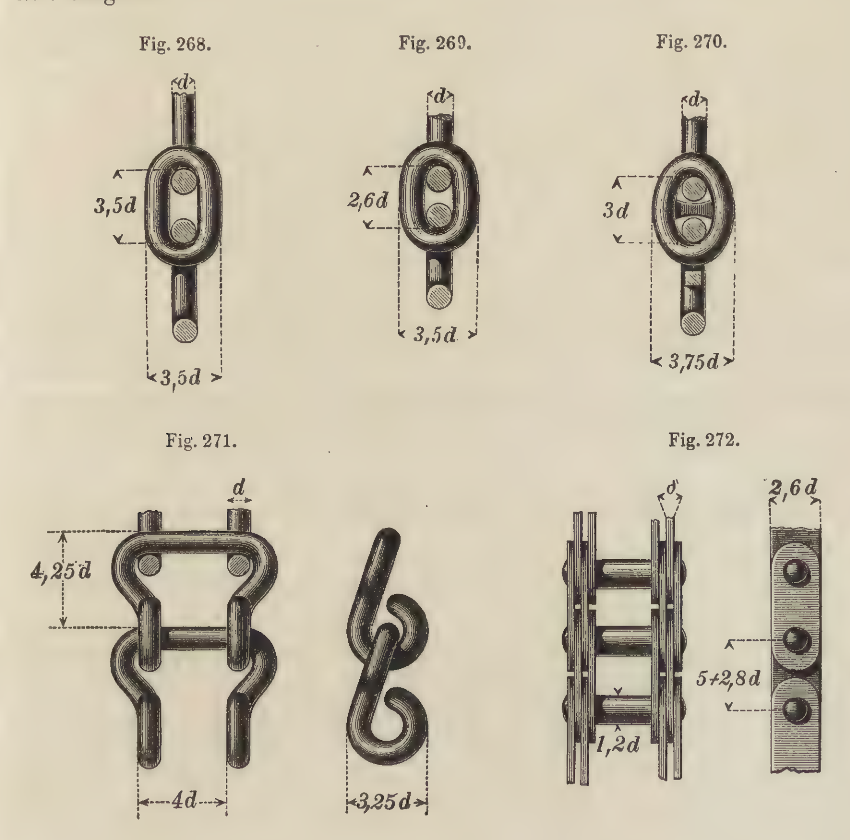


Fig. 271. Fig. 272.

Die weite Ringkette, auch deutsche Kette genannt (Fig. 268) unterscheidet sich von der engen oder englischen Kette (Fig. 269) nur durch grössere Gliederlänge. Diese beiden Arten haben wohl die verbreitetste Anwendung, ihnen nach kommt die als Schiffskette sehr häufig angewandte Stegkette oder das Kettentau (Fig 270). In der Mitte des Gliedes ist ein eiserner Querbolzen oder Steg eingesetzt. Dieser Steg

verhindert ein Verwickeln der Kette durch Schränken der einzelnen Glieder und trägt zur Festigkeit derselben dadurch bedeutend bei, dass er ein Strecken des Gliedes durch Einwärtsbiegen des Ketteneisens verhindert.

Die Hackenkette von Vaucanson (Fig. 271) besitzt keine Schweissstelle, die einzelnen Glieder bestehen nur aus gebogenen Eisenstäben. Da ihre Festigkeit wegen leichten Aufbiegens der Glieder eine sehr geringe ist, so kann sie nur für sehr kleine Lasten und als Treibkette für kleine Kräfte angewendet werden. Wichtiger wie die vorhergehende ist als Treibkette die Galle'sche Gelenkkette (Fig. 272), die aus parallel angeordneten Blechlamellen besteht, welche durch Querbolzen verbunden sind. Als Treibkette wurde sie mit grossem Vortheil durch Neustadt in Frankreich bei grossen Uferkranen eingeführt; die Konstruktion derartiger Krane wird durch sie bedeutend vereinfacht, indem die Windetrommel durch ein aussen gezahntes Rad ersetzt wird, in welches die Kette wie eine biegsame Zahnstange mit ihren Stehbolzen eingreift. Nachtheilig für diese Kette ist die verhältnissmässig grosse Steifigkeit in einer Richtung, es wird deshalb ein Verschränken für die Kette leicht gefährlich, und muss durch gute Kettenführungen einer solchen Eventualität möglichst vorgebeugt werden.

Die eigenthümliche ellipsenförmige Gestalt der Ringketten bedingt eine bedeutend geringere Tragfähigkeit derselben, als sie den beiden Querschnitten eines Kettengliedes entspricht. Bei einer Belastung von 1400 Kilogramm pro Quadratcentimeter Gesammt-Querschnitt ist die Elasticitätsgrenze meist erreicht. Für die Stegkette ist diese Grenze auf ungefähr 1700 bis 1800 Kilogramm hinausgerückt. Die Belastung, die der Kette wirklich zugemuthet werden kann, darf nur ungefähr die Hälfte dieser Probebelastung betragen. Die Bruchbelastung der Kette liegt natürlich bedeutend höher. Man verlangt vom Rohstab einen Zerreissungskoefficienten von 3200 bis 3600 Kilogramm pro Quadratcentimeter, von der fertigen Kette 2300 bis 2600 Kilogramm.

Malberg gab den unteren Werth dieser Bruchlast bereits als Zerreissungskoefficienten für Schweissstellen an.

Ausser grosser Festigkeit soll der Rohstab grosse Zähigkeit besitzen, also sich bedeutend verlängern, ehe der Bruch eintritt; diese Verlängerung ist zu 10 bis 20 pCt. zu bestimmen. Guérigny giebt folgende Werthe für diese Verlängerung:

Für Stäbe von 40 mm. bis 21 mm.	Dicke:	18 pCt.
„ „ „ 20 mm. „ 12 mm.	„	16 pCt.
„ „ „ 10 mm.	„	14 pCt.
„ „ „ 8 mm.	„	12 pCt.
„ „ „ 6 mm.	„	10 pCt.

Nimmt man als Probebelastung für die offene Ringkette 1400 Kilogramm pro Quadratcentimeter, für die Stegkette 1700 Kilogramm, so er-

hält man den Durchmesser des Ketteneisens nach Reuleaux aus folgenden Formeln:

Für die offene Ringkette:

$$d = 0{,}211 \sqrt{P} \text{ und } P = 22\, d^2$$

Für die Stegkette:

$$d = 0{,}194 \sqrt{P} \text{ und } P = 26{,}7\, d^2.$$

Das Eigengewicht pro laufenden Meter ergiebt sich:

für die englische Kette $Go = 0{,}0226\, d^2$,
für die deutsche Kette $Go = 0{,}0190\, d^2$,
für die Stegkette $Go = 0{,}0235\, d^2$.

Folgende Tabelle[1]) giebt die aus diesen Formeln berechneten Beziehungen zwischen dem Durchmesser des Ketteneisens, der Probebelastung und dem Eigengewichte:

Offene Ketten				Stegketten		
d	Probe-Belastung P	Go englische Kette	Go deutsche Kette	d	Probe-Belastung P	Go
6	792	0,81	0,66	15	6008	5,29
7	1078	1,11	0,93	16	6835	6,02
8	1400	1,45	1,21	17	7716	6,79
9	1782	1,83	1,54	18	8651	7,61
10	2200	2,26	1,90	19	9639	8,48
11	2662	2,73	2,30	20	10680	9,40
12	3168	3,25	2,74	22	12923	11,37
13	3718	3,82	3,21	24	15379	13,54
14	4312	4,43	3,72	26	18049	15,89
15	4950	5,09	4,28	28	20933	18,42
16	5632	5,79	4,86	30	24300	21,15
17	6358	6,23	5,49	32	27341	24,06
18	7128	7,32	6,16	34	30865	27,16
19	7942	8,16	6,86	36	34603	30,46
20	8800	9,04	7,60	38	38555	33,93
21	9702	9,97	8,38	40	42720	37,60
22	10648	10,94	9,20	42	47099	39,50
23	11638	11,96	10,05	44	51694	45,50
24	12672	13,02	10,94	46	56497	47,61
25	13750	14,13	11,88	48	61517	54,14
26	14872	15,28	12,84	50	66750	58,55
27	16038	16,48	13,85	52	69447	63,54
28	17248	17,72	14,90	54	77857	68,53
29	18502	19,01	15,98	56	83731	73,70
30	19800	20,34	17,10	58	89819	79,05

Folgende Tabelle giebt die entsprechenden Werthe der Neustadtschen Ausführungen von Gelenkketten:

[1]) Reuleaux, „Der Konstrukteur“.

Belastung P	Platten-zahl	Platten-dicke	Platten-breite	Zapfen-dicke	Entfernung zweier Bolzenmittel
250	2	2	13	5	18
500	2	3	16,5	6,5	21
750	4	2	19	7,5	23
1000	4	2	23	8	28
1500	4	3	25	10	32
2000	4	3	31	11	38
3000	6	3	34	14	41
4000	6	4	36	16	44
5000	6	4	42	17	51
7500	6	4	56	19,5	66
10000	8	4	61	23	71
15000	8	5	73	29	86
20000	8	6	85	35	100
25000	8	7	96	40	112
30000	8	8	108	44	130

Die Berechnung der Metallröhren auf inneren und äusseren Druck dürfte eine Aufgabe sein, die oft genug an den Bautechniker herantritt, und deshalb mögen die nöthigsten Formeln hierüber ebenfalls hier einen Platz finden.

Sämmtliche Metalle, die bisher als Baumetalle betrachtet wurden, finden zur Darstellung von Röhren Anwendung, und richtet sich die Fabrikation derselben nur nach den Eigenthümlichkeiten des Metalles.

Schmiedeeisen kann sowohl für Röhren von sehr geringem als sehr grossem Durchmesser angewendet werden; dünne Röhren werden gezogen oder geschweisst, letzteres bis zu einem Durchmesser von 150 Millimeter und einer Länge von 4 bis 5 Meter. Für grössere Durchmesser tritt Nietung an Stelle des Schweissens. Gusseiserne Röhren können natürlich in beliebigen Dimensionen hergestellt werden, doch sind für die Längen derselben gewisse, durch die Anfertigung bedingte praktische Grenzen gesetzt, die in folgender Tabelle zusammengestellt sind, in welcher D den lichten Durchmesser des Rohres in Millimetern, L die Länge desselben in Metern angiebt:

D = 25 bis 50 L = 1 bis 2
D = 50 „ 100 L = 2 „ 3
D = 100 „ 300 L = 2½ „ 3½
D = 300 „ 600 L = 3 „ 4
D = 600 „ 1000 L = 4.

Möglichst grosse Länge der Röhren ist wegen der Billigkeit der Leitung jedenfalls wünschenswerth, doch gestattet eine kleinere Länge im Verhältniss zum Durchmesser eine grössere Beweglichkeit der Leitung.

Gusseiserne Röhren zeichnen sich vor den schmiedeeisernen durch

grössere Dauer aus, während diese ihrerseits wieder den Vorzug grösserer Festigkeit und einiger Biegsamkeit beanspruchen.

Gussstahl hat für kleinere Dimensionen in gezogenen Röhren und in grösseren als gegossene einige Anwendung gefunden; es ist nur sehr hoher Druck, der die Konstrukteure bisher veranlasste, dieses ausgezeichnete Material zu diesem Zwecke zu verwenden (z. B. bei hydraulischen Pressen, bei Kanonen etc.)

Kupfer zeichnet sich als Röhrenmaterial durch grosse Dauer, Biegsamkeit und Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse aus. Kupferröhren bis zu 100 Millimeter Durchmesser werden gelöthet oder gezogen.

Aus Blei gezogene Röhren werden mit Durchmesser bis 60 Millimeter angewandt und zeichnen sich bekanntlich durch ausserordentliche Biegsamkeit aus.

Die Röhren mit innerem Drucke, wie sie hauptsächlich bei Wasser- und Dampfleitungen zur Verwendung kommen, werden meist nach einfachen empirischen Regeln gebaut, da die theoretischen Formeln besonders für kleinere Ausführungen und Drucke unter 10 Atmosphären so dünne Wandstärken ergeben würden, dass dieselben aus Gründen der Dauer und der praktischen Anfertigung nicht ausgeführt werden, doch können in solchen Fällen die theoretischen Angaben die Mittel an die Hand geben, die Wahl, die die Praxis getroffen hat, in Betreff der Sicherheit zu kontroliren, d. h. den zu Grunde gelegten Sicherheitskoefficienten zu berechnen und nach den gegebenen Mittelwerthen zu vergleichen.

Als solche empirische Regel für Wasser- und Gasleitungen giebt Reuleaux die Formel

$$\delta = 0{,}0125 \text{ D} + 8,$$

in welcher δ die Wandstärke, D den lichten Durchmesser der Röhren bedeutet, beide Dimensionen sind in Millimetern gegeben.

Von Reiche bestimmt, dass die Wandstärke zwischen den beiden Grenzwerthen liegen soll, die man durch folgende Formeln erhält

$$\delta = 5 + \text{D}/_{50} \text{ und } \delta = 6 + \text{D}/_{50}.$$

Beide Autoren setzen den grössten hierbei berücksichtigten Durchmesser zu D = 600 Millimeter.

Die Luftleitungsröhren für den Tunnelbau des Mont-Cenis hatten für 6 Atmosphären Ueberdruck 200 Millimeter Durchmesser und eine Gesammtlänge von 600 bis 800 Metern, eine Wandstärke von $\delta = 10$ Millimeter, ein Werth, der mit der v. Reiche'schen Formel sehr gut stimmt.

Eine Berechnung der von Redtenbacher gegebenen Tabelle liefert die Formel $\delta = 0{,}007 \text{ D} + 10$.

Dupuit wendete bei französischen Rohrleitungen die Gleichung $\delta = 0{,}016 \text{ D} + 8$ an.

Die den Wasserleitungen in Liverpool zu Grunde gelegten empirischen Formeln waren: $\delta = 0{,}012 \text{ D} + 12{,}5$ für niedrigen Druck; für stärkeren

Druck dagegen $\delta = 0{,}026\ D + 12{,}5$; beide Formeln gelten bis zu Durchmessern von 1,16 Metern.

In Glasgow sind die Wandstärken der Wasserleitungsröhren, deren innerer Ueberdruck kleiner als 5 Atmosphären war, zu $\delta = 0{,}0218\ D + 5{,}7$ angenommen worden.

Die Wiener Hochquellenleitung zeigt bei einem Ueberdruck von 6 bis 8 Atmosphären und einem Durchmesser der Röhren bis zu 0,95 Meter 16,6 Millimeter Wandstärke.

Nach eben solchen empirischen Regeln können auch Dampfleitungsröhren konstruirt werden. Für einen inneren Druck, der kleiner ist, als 10 Atmosphären, giebt Reuleaux die Gleichung: $\delta = 12 + D/_{50}$.

Sollen die theoretisch aufgestellten Formeln der Berechnung zu Grunde gelegt werden, so ist es vortheilhaft, wenn man zu den Resultaten derselben noch eine Konstante addirt, die hauptsächlich die Rücksichten auf praktische Anfertigung, chemische und mechanische Einflüsse, Temperaturveränderungen etc., die in die Festigkeitsberechnung nicht aufgenommen werden können, zu vertreten hat. Für die verschiedenen Materialien kann erfahrungsgemäss diese Konstante c in Millimetern folgendermassen gewählt werden:

Eisenblech	3	Kupfer	5
Gusseisen	6 bis 10	Blei	5
Messing	4	Zink	5

Für niedere und mittlere Drucke ist wegen ihrer Einfachheit die von Mariotte berechnete Formel sehr gut anwendbar, giebt auch genügend genaue Resultate. Sie lautet:

$$\delta = \frac{p}{s} \frac{D}{2} + c$$

in welcher, wie in den späteren Formeln δ die Wandstärke, D den Durchmesser des Rohres, p den Ueberdruck und s die für die Materialien als zulässig erkannte Zugspannung pro Flächeneinheit bedeutet.

Von Reiche setzt für diese Spannung s folgende Mittelwerthe, bezogen auf den Quadratmillimeter:

Stahl	10	Gusseisen	4,5
Schmiedeeisen	8	Bronze	4,5.

Als Grenzwerthe dürften angesehen werden:

Gusseisen	3	bis	7
Schmiedeeisen	6	„	14
Stahl	10	„	20
Bronze	2	„	5
Kupfer	2	„	2,5

Die oberen Werthe können nur für ausgezeichnetes Material und sehr hohen Druck gelten.

Für hohe Drucke giebt die Mariotte'sche Formel zu grosse Werthe,

genauere Resultate giebt die Formel von Brix, die (dieselben Bezeichnungen beibehalten) lautet:

$$\delta = \tfrac{1}{2}\, D\,(e^{\frac{p}{s}} - 1) + c$$

in welcher e die Basis der natürlichen Logarithmen bedeutet.

Grashof hat nach den Prinzipien der zusammengesetzten Festigkeit folgende Gleichung entwickelt:

$$\delta = \frac{D}{2}\left(\sqrt{\frac{m\,s + (m-1)\,p}{m\,s - (m+1)\,p}} - 1\right) + c$$

in welcher m eine zwischen 3 und 4 liegende Konstante bezeichnet.

Diese Gleichung kann für alle Fälle als massgebend angesehen werden und giebt insbesondere für hohe Drucke sehr geeignete Resultate; jedoch dürfte für niedere Drucke die Mariotte'sche Formel ihrer Einfachheit wegen entschieden vorzuziehen sein.

Das frühere preussische Dampfkesselregulativ bestimmte für schmiedeeiserne Dampfkessel folgende Wandstärke:

$$\delta = \frac{D}{2}\left(e^{0{,}003\,a} - 1\right) + 2{,}6$$

für Kupfer war δ eben so gross zu nehmen (a ist der Dampfdruck in Atmosphären gegeben). Das französische Regulativ gab an:

$$\delta = 0{,}0018\, D\, a + 8$$

Von Reiche giebt für Dampfkessel:

$$\delta = 0{,}001\, D\,(a + 2) + 2$$

und bestimmt, dass δ nicht kleiner als 10 und nicht grösser als 13 Millimeter genommen werden soll.

Für kugelförmige Gefässwände berechnet Mariotte folgende Wandstärke:

$$\delta_1 = \frac{D_1}{4}\;\frac{p}{s} + c$$

wenn D_1 den Kugeldurchmesser bezeichnet.

Grashof berechnet diesen Fall zu:

$$\delta_1 = \frac{D_1}{2}\left(\sqrt[3]{\frac{2\,m\,s + 2\,(m-2)\,p}{2\,m\,s - (m+1)\,p}} - 1\right) + c$$

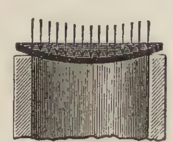
Mehr unter die Betrachtung der relativen Festigkeit möchte die Berechnung ebenflächiger Gefässwände gehören, doch mögen sie ebenfalls hier angegeben werden und den Uebergang zu den Röhren mit äusserem Drucke bilden.

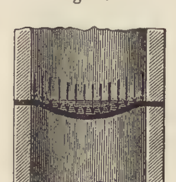
Es sind hier zwei Fälle zu unterscheiden:

1. die ebenflächige Gefässwand liegt frei auf dem Gefässe auf (Fig. 273) und kann sich also ungehindert einbiegen. Für diesen Fall ist nach Grashof die Stärke der Wand folgendermassen zu nehmen:

$$\delta = \frac{D}{2}\sqrt{\frac{p}{s}}$$

Fig. 273.




Fig. 274.

2. die Ränder der Gefässwand sind fest eingeklemmt (Fig. 274), wie dies z. B. bei Dampfzylinderdeckeln der Fall ist; δ berechnet sich dann zu:

$$\delta = 0{,}41\ D \sqrt{\frac{p}{s}}$$

Die Wandungen der Röhren mit äusserem Drucke können auf rückwirkende Festigkeit berechnet werden, vorausgesetzt, die Röhre ist so stark, dass sie durch den äusseren Druck keine elliptische Form anzunehmen bestrebt ist, also nicht zusammengeklappt wird. Stellt sich ein elliptischer Querschnitt ein, oder ist die Röhre in unbelastetem Zustande nicht vollständig kreisrund, was bei genieteten Röhren nie der Fall sein kann, so ist eine Beanspruchung auf rückwirkende Festigkeit und gleichzeitig auf relative Festigkeit zu berücksichtigen.

Für den selteneren Fall des sehr hohen Druckes kann die Brix'sche Formel hier Anwendung finden, die stets kreisrunden Querschnitt voraussetzt; sie lautet:

$$\delta = \frac{D\ p}{2\ s - 3\ p}$$

Grashof hat den zweiten Fall der unrunden Röhren mit äusserem Drucke einer Berechnung unterzogen und zwar nahm er an, dass die auf einander senkrechten Diameter einer genieteten Blechröhe (Feuerrohr eines Cornwalldampfkessels) um die Blechstärke verschieden seien. Das Resultat seiner theoretischen Untersuchungen ist die Formel:

$$\delta = \frac{2\ p\ D}{s}$$

Fairbairn hat an Cornwallkesseln hierüber interessante Versuche gemacht, indem er Feuerröhren von verschiedenen Durchmessern und Wandstärken durch den Dampfdruck zusammenklappen liess und den hierzu nöthigen Druck beobachtete. Seine Resultate entsprechen der Formel:

$$p = 367937 \frac{\delta^{2,19}}{1\ D}$$

wenn sämmtliche Dimensionen in Millimetern, der Druck in Kilogramm pro Quadratmillimeter ausgedrückt sind.

p ist in diesem Falle die Bruchbelastung und wäre demnach mit einem gewissen Sicherheitsgrad zu multipliziren, um für einen gegebenen Druck die Dimensionen der Röhren zu erhalten.

Die kugelförmigen Gefässe mit äusserem Druck bestimmen sich nach den Untersuchungen von Grashof nach der Formel:

$$\delta = \frac{D}{2} \left(\sqrt[3]{\frac{2\ m}{2\ m - 2\ (m - 1)\ \frac{p}{s}}} - 1 \right)$$

für einen kleinen Werth von $\frac{p}{s}$ lässt sich die Gleichung in eine Reihe verwandeln und wird dadurch zur Berechnung bequemer:

$$\delta = D \frac{m-1}{4m} \frac{p}{s} \left(1 + \frac{m-1}{m} \frac{p}{s}\right)$$

Die Beanspruchung der Schrauben darf nur auf absolute Festigkeit erfolgen, natürlich abgesehen von der torsirenden Wirkung des Anziehens der Mutter. Sollen demnach zwei Platten verschraubt werden, die sich auf einander verschieben wollen, so müssen die Schrauben so stark hergestellt werden, dass sie, wenn sie kräftig angezogen sind, zwischen den Platten soviel Reibung erzeugen, dass diese Verschiebung nicht möglich ist, also keinesfalls irgendwelche abscherende Wirkung auf die Schraube geäussert wird.

Berücksichtigt man die durch das Anschneiden des Gewindes erfolgte Verschwächung, so kann man für den äusseren Durchmesser der Schraube folgende Dimension wählen: $d = \frac{5}{4} \sqrt{\frac{P}{s}}$, wenn P die in der Richtung der Schraubenaxe wirkende Kraft bedeutet. Die Werthe für s als dem Widerstandskoefficienten gegen Zugbeanspruchung sind sehr verschieden, je nach den verschiedenen Anwendungen der Schrauben zu wählen. Als Grenzwerthe können für Schmiedeeisen die beiden Zahlen 2,8 und 7 Kilogramm pro Quadratmillimeter angesehen werden. Fundamentschrauben sollen nie höher als auf 3 Kilogramm pro Quadratmillimeter beansprucht werden. Morin bestimmt den Kerndurchmesser der Schraube (wenn vom äusseren Durchmesser die doppelte Gewindetiefe abgezogen wird) zu $d_1 = 0{,}67 \sqrt{P}$. Schrauben, die in unbelastetem Zustande angezogen werden, können natürlich eine etwas grössere zulässige Spannung erhalten, als solche, die in belastetem Zustande angezogen werden. Schrauben, die dazu bestimmt sind, Konstruktionstheile einfach zusammenzuhalten, die also keine bestimmbare Belastung in ihrer Längsrichtung erfahren, als die durch den Anzug, werden am besten der Konstruktion entsprechend ohne bestimmte Regeln nach Gefühl gewählt.

Zum Schlusse kann hier nicht unerwähnt bleiben, dass Professor Dr. Weyrauch darauf hingewiesen hat, dass alle bisherigen Verfahren bei der Festigkeitsberechnung von Konstruktionstheilen auf irrthümlichen Annahmen beruhen, und dass unter den vielfach gemachten Vorschlägen, eine neue Methode aufzustellen, um zuverlässige Resultate für die Praxis zu gewinnen, die von Launhardt aufgestellte den Vorzug vor allen anderen verdiene.

Als massgebend für die Ermittelung der Zug-, Druck-, Biegungs- und Torsionsfestigkeit des Eisens ist gegenwärtig das Wöhler'sche Gesetz zu betrachten, welchem Dr. Weyrauch folgende Fassung gegeben hat:

Der Bruch des Materials lässt sich nicht nur durch eine die Tragfestigkeit überschreitende ruhende Belastung, sondern durch

vielfach wiederholte Spannungen, von denen keine die Tragfestigkeit erreicht, herbeiführen. Die Differenzen der Spannungen sind dabei für die Zerstörung des Zusammenhangs insofern massgebend, als mit ihrem Wachsen die Minimal-Spannung, welche den Bruch noch herbeiführen kann, sich verringert.

Die von Launhardt aufgestellte Formel, welche anwendbar ist, wenn ein Konstruktionstheil stets auf Zug oder stets auf Druck oder überhaupt stets in gleichem Sinne beansprucht ist, lautet:

$$a = u\left(1 + \frac{t - u}{u} \frac{\min B}{\max B}\right)$$

hierin bedeutet t die Tragfestigkeit bei bleibender oder allmälig anwachsender, oder auch ruhender Beanspruchung und nur einmaliger Wirkung.

Mit u ist die Ursprungsfestigkeit zu verstehen, die einer näheren Erklärung bedarf:

Wird ein Stab von einer Quadrat-Einheit Querschnitt nur einmal mit der Tragfestigkeit t zerstört, so werden bei einer Beanspruchung die kleiner als t ist, nach Wöhler eine gewisse Anzahl von Wiederholungen nöthig sein, um die Zerstörung zu bewirken. Lässt man die Beanspruchung abnehmen, so wird die Zahl der nöthigeu Wiederholungen in gleichem Grade wachsen, wobei eine gewisse Beanspruchung erreicht werden wird, bei welcher der Stab durch keine bei ihm wirklich vorkommende Anzahl Wiederholungen zerstört werden kann. Diese Beanspruchung für den Fall, dass der Stab nach jeder Einwirkung wieder in den vollständig spannungslosen Zustand übergeht, wurde von Launhardt „Ursprungsfestigkeit" genannt; u wird stets umso kleiner werden, je weniger Wiederholungen der Spannung zu erwarten sind.

Durch a ist die Arbeitsfestigkeit bezeichnet, welche sich bei Stäben geltend macht, die nicht in den vollkommen spannungslosen Zustand übergehen, sondern bei denen irgend eine Minimalspannung verbleibt; Tragfestigkeit und Ursprungsfestigkeit sind spezielle Fälle der Arbeitsfestigkeit. Der Werth für a ist = 500, 711, 800, 900, 1100 von Launhardt ermittelt. B bezeichnet die Beanspruchung irgend eines Konstruktionstheiles, die als ein Minimum sowohl als auch als ein Maximum in Rechnung zu stellen ist.

Nach diesen Auffassungen sind die Begriffe Zug-, Druck-, Schubfestigkeit etc. allgemeiner aufzufassen und ist darunter die Arbeitsfestigkeit für die betr. Beanspruchungs-Art zu verstehen; man hat dementsprechend die Spezialmethode dieser Arbeitsfestigkeit im besonderen mit „Tragfestigkeit für Zug, Druck, Schub" etc. zu bezeichnen.

Werden Konstruktionstheile abwechselnd auf Zug und Druck beansprucht, so hat Launhardt die Formel vorgeschlagen:

$$a = u\left(1 - \frac{u - s}{u} \frac{\max B'}{\max B}\right)$$

in welcher s als Schwingungsfestigkeit bezeichnet wird, bei der die Beanspruchung in beiderlei Sinne gleich gross sein kann.

Ist die Beanspruchung in einem Sinn = o, so wird die Festigkeit u als Ursprungsfestigkeit bezeichnet, wodurch sich zwei Grenzwerthe ergeben.

Max. B ist für den gegebenen Konstruktionstheil die grösste überhaupt vorkommende Beanspruchung, gleichgültig ob Zug oder Druck; max B' dagegen bedeutet die grösste Beanspruchung in entgegengesetztem Sinne.

Für die grösste Gesammtspannung eines entweder nur auf Zug und nur auf Druck beanspruchten Konstruktionstheiles (s max.) und die kleinste Spannung desselben (s min.) setzt Launhardt als zulässige Spannung für k. und qcm. bei

$$\text{Schmiedeeisen } s = 800\left(1 + \frac{1}{2}\,\frac{s\ min}{s\ max}\right)$$

$$\text{Gusseisen } s = 1200\left(1 + \frac{3}{4}\,\frac{s\ min}{s\ max}\right)$$

Für Beanspruchungen, welche abwechselnd auf gleichen Zug und Druck erfolgen, nimmt derselbe als Mass der Arbeitsfestigkeit die Elasticitätsgrenze, für Beanspruchungen, welche abwechselnd auf Zug und auf, dem Zug nicht gleichen, Druck erfolgen die Spannung für

Schmiedeeisen von 800 k. pr qcm.
Gussstahl „ 1200 „ „

an und bestimmt nach vorstehendem die zulässige Beanspruchung unter verschiedenen Verhältnissen wie folgt:

Konstruktionstheile welche

1. mit der gleichen Kraft abwechselnd gezogen und gedrückt werden wie z. B. Axen, Wellen, Kolbenstangen, Balanciers:

Schmiedeeisen 400 k. pr qcm.
Gussstahl 600 k. „

2. abwechselnd, aber mit ungleicher Kraft gezogen und gedrückt werden, wie einzelne Gurtungsstrecken kontinuirlicher Träger, einzelne Vertikalen der Trägerwände: Summe der Druck- und Zugspannungen bei:

Schmiedeeisen 800 k. pr qcm.
Stahl 1200 k. „

3. nach jeder Beanspruchung in den spannungslosen Zustand übergehen, wie die gekreuzten Diagonalen in den Trägerwänden, die Diagonalen der Schwedler'schen Träger, alle Theile der Quer- und Längsträger, für welche s min = o wird:

Schmiedeeisen 800 k. pr qcm.
Gussstahl 1200 k. „ „

4. zwischen einer bestimmten Minimalspannung s min und Maximalspannung s max abwechselnd beansprucht werden manche Vertikalen und Diagonalen der Trägerwände, insbesondere die Gurtungen der Träger sind

mit Rücksicht darauf zu berechnen, dass das Verhältniss $\frac{\text{s min}}{\text{5 max}}$ proportional dem Verhältniss des Eigengewichtes zur Gesammtlast ist. Wird dasselbe für eine Brücke von l m Spannweite 0,09 + 0,0045 l. gesetzt, so ergiebt sich aus jenseitiger Formel die zulässige Beanspruchung ihrer Gurtungen

aus Schmiedeeisen 836 + 1,8 l.
„ Gusseisen 1254 + 4 l.

5. konstant und unveränderlich beansprucht werden, wie in Hochbauten, ferner für Vertikalen in den Wandungen parabolischer Träger, deren gekreuzte Diagonalen eine anfängliche, der Hälfte ihrer Maximalspannung gleiche Spannung erhalten haben:

Schmiedeeisen 1200 k. pr. qcm.
Gussstahl 2100 „ „ „

Die zulässige Beanspruchung für den qcm. muss daher, wenn in bezug auf die Arbeitsfestigkeit gleiche Sicherheit erhalten werden soll, für Schmiedeeisen von 400—1200 k., für Gussstahl von 600—2100 k. angenommen werden.

Prof. Weirauch schlägt für die zulässige Beanspruchung pro qcm. folgende Formeln vor:

Beanspruchung auf Zug allein oder Druck allein

$$\text{für Schmiedeeisen}: b = 700 \left(1 + \tfrac{1}{2} \frac{\text{min B}}{\text{max B}}\right)$$

$$\text{für Stahl } b = 1100 \left(1 + \tfrac{9}{11} \frac{\text{min B}}{\text{max B}}\right)$$

wobei max B die grösste, min B die kleinste Beanspruchung des betreffenden Konstruktionstheiles ist.

Wechselnde Beanspruchung auf Zug und Druck

$$\text{für Schmiedeeisen}: b = 700 \left(1 + \tfrac{1}{2} \frac{\text{max B}'}{\text{max B}}\right)$$

$$\text{für Stahl } b = 1100 \left(1 - \tfrac{5}{11} \frac{\text{max B}'}{\text{max B}}\right)$$

In dieser Gleichung sind die beiden entgegengesetzten Maximalbeanspruchungen (max B′ die kleinere, max B die grössere) dem Zahlenwerthe nach einzusetzen.

Für Konstruktionstheile, welche dauernd mit ruhender Last beansprucht sind, wie sie vorwiegend im Hochbau vorkommen, setzt man

für Schmiedeeisen b = 1050 k.,
für Stahl 2000 k.

Für Konstruktionstheile, welche immer in einerlei Sinn beansprucht werden und nach jeder Beanspruchung wieder in den spannungslosen Zustand übergehen (z. B. auch für kleine Blechträger bei Vernachlässigung des Eigengewichtes), wegen min B = o oder wegen max B′ = o

für Schmiedeeisen: = 700 k.,

für Stahl b = 1100 k.

für Gurtungen von Balkenbrücken und Dachstühlen, wenn p das Eigengewicht und q die Totallast pr. laufendem Meter, weil dann

$$\min B : \max B = p : q,$$

$$\text{für Schmiedeeisen } b = 700 \left(1 + \frac{1}{2} \; \frac{p}{q}\right);$$

$$\text{für Stahl } b = 1100 \left(1 + \frac{9}{11} \; \frac{p}{q}\right)$$

für Konstruktionstheile, bei welchen die Maximalbeanspruchung auf Zug und Druck gleich gross sind, wegen max B′ = max B

für Schmiedeeisen b = 350 k;

für Stahl b = 600 k.

Um ein für die Praxis brauchbares Gesetz für die Beziehungen zwischen ruhender Belastung und durch Schwingungen hervorgerufener Spannungsdifferenz abzuleiten, hat Gerber die Quotienten aus der durch die bewegte Last erzeugten Spannung b S in die durch die ruhende Last erzeugten Spannung r S gesetzt,

$$\frac{r\,S}{b\,S} = \varphi$$

und vermittelt den zur Bestimmung von Querschnittdimensionen massgebenden Gesammtspannungswerth

$$g\,S = r\,S = \tau . b\,S = \sigma . b\,S,$$

worin er den Koefficienten

$$\sigma = \tau + \varphi = {}^3/_4 + {}^1/_4 \sqrt{9 + 4\,(2\,\varphi + 1)^2}$$

setzt. Mittels dieser beiden Gleichungen findet sich die gesuchte Querschnittfläche

$$f = \frac{g\,S}{z}.$$

Die zulässige konstante Grenzspannung für Eisenkonstruktionen, bei welchen grösste Leichtigkeit wesentlich und eine bleibende Dehnung ihrer Theile unschädlich ist, wird z = 2400 k. pr. qcm. und für Eisenkonstruktionen, bei welchen die bleibende Biegung wie bei Brücken möglichst zu beschränken ist, z = 1600 k. pr. qcm. gesetzt. Für Eisenkonstruktionen, bei welchen starke Stösse vorkommen, ist b S für die ½ fache grösste Verkehrslast zu berechnen.

Setzt man allmählig fortschreitend $\sigma = 1{,}5$ bis $\sigma = 10{,}0$ und berechnet hieraus nach vorstehender Gleichung

$$\varphi = -\frac{1}{2} \pm \sqrt{\sigma^2 - \frac{3}{2}\sigma}$$

so ergiebt sich eine Tabelle für die Koefficienten der Schwingungsfestigkeit[1]).

B. Die relative Festigkeit.

Wird ein an einem Ende fest eingespannter Balken am anderen Ende durch eine äussere Kraft belastet, die normal zur Axe des Balkens gerichtet ist, so erfährt derselbe eine Biegung dadurch, dass die oberen Fasern gedehnt, die unteren zusammengepresst werden. Es muss demnach eine Faserschicht existiren, welche den Uebergang der gezogenen zu den gedrückten Fasern bildet und ihrerseits demnach keinerlei Beanspruchung als einfache Krümmung erfährt. Diese Faserschichte wird die neutrale Faser des Querschnittes genannt; die hervorgerufenenen Zug- und Druckspannungen können innerhalb der Elasticitätsgrenze als proportional der Entfernung von dieser Axe angesehen werden. Sie bilden in bezug auf die neutrale Faser ein Drehmoment, das dem durch die äussere Kraft hervorgebrachten Moment das Gleichgewicht zu halten hat. Ferner muss die algebraische Summe den Zug- und Druckspannungen gleich sein, da sonst Bewegung in einer Richtung erfolgen würde, es wird deshalb die neutrale Faserschicht mit der Schwerpunktsfaser des Querschnitts nothwendig zusammenfallen müssen.

Die Summe der Momente der durch die äussere Kraft hervorgerufenen Spannungen drückt sich unter der Voraussetzung, dass diese Spannungen proportional den Entfernungen von den neutralen Fasern seien, folgendermassen aus:

$$\frac{s}{a_s}\,t = \frac{p}{a_p}\,t$$

worin s und p die Belastungen der äussersten gespannten oder gedrückten Faser, a oder a_p die Entfernung der äussersten gespannten, beziehungsweise gedrückten Faser von der Schwerpunktsfaser und t das Trägheitsmoment des Querschnittes in bezug auf eine durch die neutrale Faserschicht gelegte, auf der Kraftrichtung senkrecht stehende Axe bedeutet. Dieses Moment der inneren Kräfte muss dem Moment der äusseren Kräfte das Gleichgewicht halten. Die Grundgleichung, die zur Berechnung eines Balkens, der auf relative Festigkeit beansprucht wird, lautet demnach:

$$Px = \frac{s\,t}{a_s} = \frac{p\,t}{a_p}$$

[1]) Die angreifenden und widerstehenden Kräfte der Brücken- und Hochbaukonstruktionen von Dr. F. Heinzerling. Berlin. C. Ernst und Korn 1876.

x ist in dieser Gleichung die Entfernung des betrachteten Querschnitts vom Angriffspunkt der äusseren Kraft. Man nennt diesen Ausdruck $\frac{s\,t}{a_s}$ oder $\frac{p\,t}{a_p}$ wohl auch das Widerstandsmoment des betreffenden Querschnitts. Derjenige Querschnitt, für welchen das Moment der äusseren Kraft P x ein Maximum wird, heisst gefährlicher Querschnitt, die Kraft, welche in diesem Querschnitt die Spannung s oder p hervorruft, wird Tragkraft des Balkens für die betreffende Spannung genannt. Wirken mehrere Kräfte an dem Körper, so muss das Widerstandsmoment in einem betrachteten Querschnitt gleich dem Moment der äusseren Kräfte bezogen auf diesen Querschnitt sein. Für die Werthe von s und p, also den zulässigen Belastungen sind die Werthe anzuführen, die unter diesen Namen bei Betrachtung der absoluten und rückwirkenden Festigkeit gegeben wurden.

Folgende Tabelle giebt für die wichtigsten Querschnittsformen die Abstände der äussersten Fasern von der neutralen Faserschicht, die Trägheits- und Widerstandsmomente.

Die Tragkraft Q eines Balkens von beliebiger Einspannung wird demnach erhalten, wenn man das Widerstandsmoment, wie es sich aus obiger Tabelle ergiebt, in die entsprechenden Formeln aus der Tabelle über die Tragvermögen verschieden eingespannter Balken, wie sie im Kapitel über die relative Festigkeit des Holzes Bd. I. Seite 446 angegeben ist, einsetzt, oder umgekehrt kann mit Hülfe dieser Formeln der für eine gegebene Belastung nöthige Querschnitt bestimmt werden.

Das Moment einer äusseren Kraft ist verschieden in Beziehung auf die verschiedenen Querschnitte des beanspruchten Balkens, man wird deshalb aus Ersparungsrücksichten die Querschnitte nicht sämmtlich gleich gross, d. h. nicht gleich dem gefährlichen Querschnitt herstellen, sondern womöglich dieselben so berechnen, dass die grössten Zug- oder Druckspannungen, also s und p in sämmtlichen Querschnitten gleich gross sind; ein in dieser Weise konstruirter Träger wird Körper von gleicher Biegungsfestigkeit genannt.

Die wichtigsten Formen dieser Art sind für den rechteckigen Querschnitt folgende: Die Breite des Balkens sei konstant (Fig. 289) $z = b$, so findet sich die Höhe y eines Querschnitts in der Entfernung x vom Angriffspunkt der Last $y^2 = \frac{h^2}{l}\,x$, d. h. die den Balken unten begrenzende Kurve ist eine Parabel.

Wird die Höhe des Balkens konstant angenommen (Fig. 290), also $y = h$, so ergiebt sich die variable Breite des Querschnitts $z = \frac{b}{l}\,x$, die Begrenzungslinien der Horizontalprojektion sind demnach gerade Linien.

Querschnitt	Abstände der äussersten Fasern von der neutralen Axe (a_s und a_p)	Trägheitsmoment t	Widerstandsmoment w M
Fig. 275.	$a_s = a_p = \frac{h}{2}$	$\frac{1}{12}\, b h^3$	$\binom{s}{p} \frac{b h^2}{6}$
Fig. 276.	$a_s = a_p = \frac{H}{2}$	$\frac{b (H^3 - h^3)}{12}$	$\binom{s}{p} \frac{b}{6 H} (H^3 - h^3)$
Fig. 277.	$a_s = a_p = \frac{H}{2}$	$\frac{1}{12} (B H^3 - b h^3)$	$\binom{s}{p} \frac{1}{6} \frac{B H^3 - b h^3}{H}$
Fig. 278.	$a_s = \frac{1}{2} \frac{B h^2 + b H_1^2 + 2 B H_1 h}{B h + b H_1}$ $a_p = H - a_s$	$\frac{1}{3} [b a_s^3 + B a_p^3 - (B - b)(a_p - h)^3]$	$\frac{s}{a_s}\, t$ oder $\frac{p}{a_p}\, t$

Querschnitt	Abstände der äussersten Fasern von der neutralen Axe (a_s und a_p)	Trägheitsmoment t	Widerstandsmoment wM
Fig. 279.	$a_s = \frac{b h_1^2 + b^1 h (2h_1 + h) + B h_2 (2h + 2h_1 + h_2)}{B h_2 + b h_1 + b^1 h}$ $a_p = H - a_s$	$\frac{1}{3} [b a_s^3 - (b - b^1)(a_s - h_1)^3 + B a_p^3 - (B - b^1)(a_p - h_2)^3]$	$\frac{s}{a_s}$ t oder $\frac{p}{a_p}$ t
Fig. 280.	$a_s = a_p = \frac{H}{2}$	$\frac{1}{12} (B H^3 - b h^3 - b^1 h_1^3)$	$\binom{s}{p} \frac{B H^3 - b h^3 - b^1 h_1^3}{6 H}$
Fig. 281.	$a_s = a_p = \frac{H}{2}$	$\frac{1}{12} [B H^3 - (B - B_1) h^3 - (B_1 - b) h_1^3]$	$\binom{s}{p} \frac{1}{6 H} [B H^3 - (B - B_1) h^3 - (B_1 - b) h_1^3]$
Fig. 282.	$a_s = a_p = \frac{H}{2}$	$\frac{1}{12} [B H^3 - (B - B_1) H_1^2 - (B_1 - b) h^3 - (b - b_1) h_1^3]$	$\binom{s}{p} \frac{1}{6 H} [B H^3 - (B - B_1) H_1^3 - (B_1 - b) h^3 - (b - b_1) h_1^3]$

Querschnitt	Abstände der äussersten Faser von der neutralen Axe (a_s und a_p)	Trägheitsmoment t	Widerstandsmoment w M
Fig. 283.	$a_s = a_p = \frac{d}{2}$	$\frac{\pi}{64} d^4$	$\left(\begin{matrix}s\\p\end{matrix}\right) \frac{\pi d^3}{32}$
Fig. 284.	$a_s = a_p = \frac{D}{2}$	$\frac{\pi}{64}(D^4 - d^4)$	$\left(\begin{matrix}s\\p\end{matrix}\right) \frac{\pi}{32} \frac{D^4 - d^4}{D}$
Fig. 285.	$a_s = a_p = \frac{h}{2}$	$\frac{1}{12}\left[\frac{3\pi}{16} d^4 + b(h^3 - d^3) + b^3(h - d)\right]$	$\left(\begin{matrix}s\\p\end{matrix}\right) \frac{1}{6h}\left[\frac{3\pi}{16} d^4 + b(h^3 - d^3) + b^3(h - d)\right]$
Fig. 286.	$a_s = 0{,}4244\,r$ $a_p = 0{,}5765\,r$	$\pi r^4\left(\frac{1}{8} - \frac{8}{9\pi^2}\right)$ $= 0{,}11\,r^4$	$\frac{s}{a_s}\,t$ oder $\frac{p}{a_p}\,t$ $\frac{s}{a_p}\,t$ oder $\frac{p}{a_s}\,t$
Fig. 287.	$a_s = a_p = \frac{h}{2}$	$\frac{\pi}{64} b h^3$	$\left(\begin{matrix}s\\p\end{matrix}\right) \frac{\pi}{32} b h^2$
Fig. 288.	$a_s = \frac{2}{3} h$ $a_p = \frac{1}{3} h$	$\frac{b h^3}{36}$	$s \frac{b h^2}{24}$ oder $p \frac{b h^2}{12}$

Ist sowohl die Höhe als auch die Breite variabel, doch findet die Beziehung statt: $\frac{z}{y} = \frac{b}{h}$ (Fig. 291), so drücken sich die Querschnittsdimensionen durch folgende Formeln aus:

$$y^3 = \frac{h^3}{l} x$$

$$z^3 = \frac{b^3}{l} x$$

welches die Gleichungen kubischer Parabeln sind.

Fig. 289.

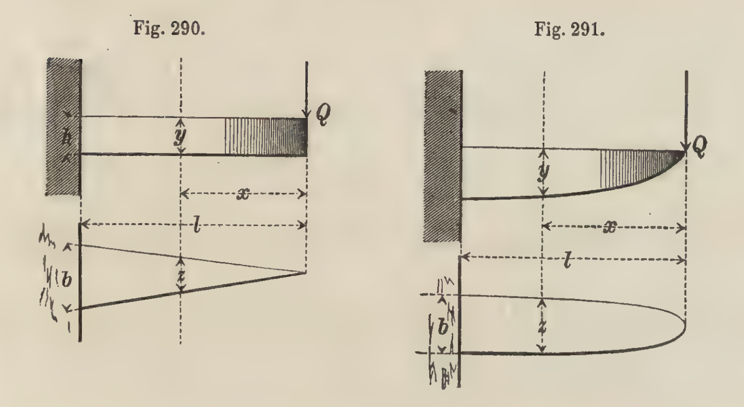


Fig. 290. Fig. 291.

Obige drei Fälle mit gleichmässig vertheilter Belastung ergeben folgende Dimensionen:

Die Breite sei konstant (Fig. 292), so findet sich die Höhe des Querschnitts zu $z = \frac{h}{l} X$. Die Verbindungslinie der Höhen ergiebt sich folglich als gerade Linie.

Die Höhe des Querschnittes konstant angenommen (Fig. 293) ergiebt für die Breite: $z = \frac{b}{l^2} x^2$, welches die Gleichung einer Parabel ist.

Ist das Verhältniss der Höhe zur Breite gegeben (Fig. 294) $\frac{y}{z} = \frac{h}{b}$ so ergeben sich folgende Formeln für die Angrenzungskurven:

$$y^3 = \frac{h^3}{l^2} x^2$$

$$z^3 = \frac{b^3}{l^2} x^2$$

Die Pyramide ist nach einer semikubischen Parabel abgestumpft.

Fig. 292.

Fig. 293.

Fig. 294.

Fig. 295.

Fig. 296.

Fig. 297.

Die entsprechenden drei Fälle der gleichmässig vertheilten Belastung für den an beiden Enden frei aufliegenden Träger finden sich folgendermassen: Die Breite konstant (Fig. 295): $y^2 = h^2 - 4 \frac{h^2}{l^2} x^2$. Die Höhen der Querschnitte werden durch eine Ellipse begrenzt.

Die Höhen sind konstant (Fig. 296), so bestimmen sich die Breiten der Querschnitte: $z = b - 4 \frac{b}{l^2} x^2$. Die Horizontalprojektion ergiebt demnach eine Parabel als Profillinie des Balkens.

Die Höhen und Breiten der Querschnitte variiren nach dem Verhältniss: $\frac{z}{y} = \frac{b}{h}$ (Fig. 297), so wird $y^3 = h^3 - 4 \frac{h^3}{l^2} x^2$.

$$z^3 = b^3 - 4 \frac{b^3}{l^2} x^2.$$

Anschliessend an die Körper von gleicher Biegungsfestigkeit, mögen hier noch die Querschnitte von gleicher Festigkeit erwähnt werden. Wird der Querschnitt eines Balkens so konstruirt, dass bei einer Belastung die Spannungen auf der Zug- und Druckseite gleichzeitig die Elasticitätsgrenze erreichen, so nennt man denselben Querschnitt von gleicher Festigkeit. Es ist z. B. für Gusseisen nach den früher gegebenen Tabellen der Tragmodul für Druck ungefähr doppelt so gross als für Zug, und da die Spannungen in einem Träger proportional den Entfernungen der entsprechenden Faser von der Schwerpunktsfaser sind, müsste a_s ungefähr die Hälfte von ab betragen. Solche Querschnittsformen von gleicher Festigkeit sind in folgenden Figuren dargestellt[1]).

Setzt man $b = b_1$, so wird für diese Querschnitte:

Querschnitt	Trägheitsmoment	Widerstandsmoment	Flächeninhalt	φ
Fig. 298.	$278\ b^4$	$34{,}8\ b^3\ p$	$19\ b^2$	1
Fig. 299.	$440\ b^4$	$55\ b^3\ p$	$25\ b^2$	0,97
Fig. 300.	$922\ b^4$	$102{,}4\ b^3\ p$	$40{,}8\ b^2$	1,04

φ giebt das Verhältniss der Flächeninhalte an, wenn derjenige von Fig. 298 gleich Eins gesetzt wird, es repräsentirt demnach φ den Ersparungskoeffizienten der angegebenen Querschnitte.

Für Schmiedeeisen kann der Drucktragmodul dem Zugtragmodul gleich geachtet werden, und werden deshalb die zweiaxig symmetrischen Querschnitte, Querschnitte von gleicher Festigkeit sein.

[1]) Reuleaux, Der Konstrukteur.

Die Kurve, welche die neutrale Faser eines belasteten Balkens annimmt, wird **elastische Linie** genannt. Den Abstand des tiefsten Punktes, den diese Kurve von dem Einspannniveau nach der Belastung besitzt, wird mit dem Namen **Einsenkung** bezeichnet, sie ist proportional dem Kubus der Länge des Balkens und direkt proportional der Belastung. Die Differentialgleichung der elastischen Linie ist:

$$\frac{d^2 y}{d x^2} = \frac{a^M}{E t}$$

unter y und x die Ordinaten und Abscissen eines Punktes der Kurve, unter a^M das angreifende Moment der Belastung verstanden. E ist wieder der Elasticitätsmodul und t das Trägheitsmoment des Körpers.

Fig. 298. Fig. 299.

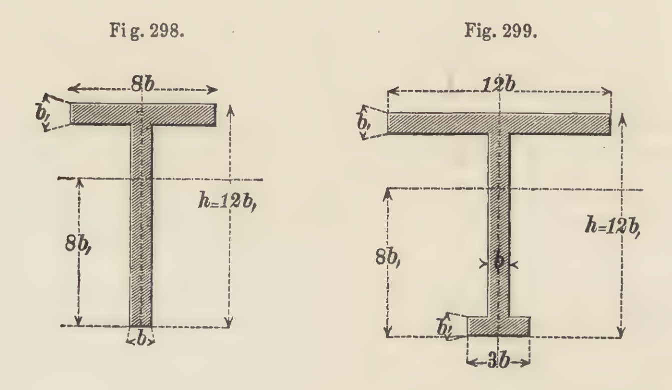
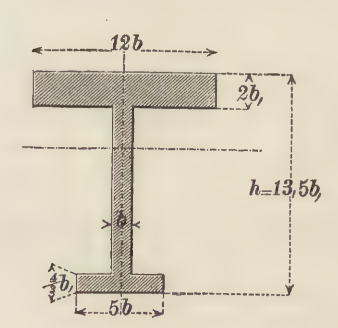


Fig. 300.



Folgende Tabelle giebt für die verschiedenen Arten der Einspannung und Belastung eines Balkens die Gleichung der elastischen Linie und die Einsenkung; hierbei ist das Eigengewicht unberücksichtigt geblieben.

Angriffsweise	Gleichung der elastischen Linie	Einsenkung f	Der gefährliche Querschnitt befindet sich in:
I. Fig. 301.	$y = \frac{Q \cdot l^3}{2\,t\,E}\left[\frac{x}{l} - \frac{1}{3}\,\frac{x^3}{l^3}\right]$	$f = \frac{Q}{t\,E}\,\frac{l^3}{3}$	B
II. Fig. 302.	$y = \frac{Q\,l^3}{6\,t\,E}\left[\frac{x}{l} - {}^1/_4\,\frac{x^4}{l^4}\right]$	$f = \frac{Q}{t\,E}\,\frac{l^3}{8}$	B
III. Fig. 303.	$y = \frac{Q\,l^3}{16tE}\left[\frac{x}{l} - {}^4/_3\,\frac{x^3}{l^3}\right]$	$f = \frac{Q}{t\,E}\,\frac{l^3}{48}$	B
IV. Fig. 304.	$y = \frac{Q\,l^3}{12tE}\left[2\,\frac{x^3}{l^3} - \frac{x^4}{l^4} - \frac{x}{l}\right]$	$f = \frac{Q}{t\,E}\,\frac{5\,l^3}{384}$	B
V. Fig. 305.	$y = \frac{Q\,l^3}{32tE}\left[\frac{x}{l} - {}^5/_3\,\frac{x^3}{l^3}\right]$ $y^1 = \frac{Q}{32}\,\frac{l^3}{t\,E}\left[{}^1/_4\,\frac{x_1}{l} + {}^5/_2\,\frac{x_1^2}{l^2} - {}^{11}/_3\,\frac{x_1^3}{l^3}\right]$	$f = \frac{Q}{t\,E}\,\frac{7\,l^3}{768}$ f max. = $\sqrt{{}^1/_5}\,\frac{Q\,l^3}{48\,t\,E}$ bei $x = l\,\sqrt{{}^1/_5}$	C $P = {}^5/_{16}\,Q$

Angriffsweise	Gleichung der elastischen Linie	Einsenkung f	Der gefährliche Querschnitt befindet sich in:
VI. Fig. 306.	$y = \frac{Q}{48} \frac{l^3}{tE} \left[\frac{x}{l} - 3 \frac{x^3}{l^3} + 2 \frac{x^4}{l^4} \right]$	$f = \frac{Q}{tE} \frac{l^3}{192}$	C $P = \frac{3}{8} Q$
VII. Fig. 307.	$y = \frac{Q}{16} \frac{l^3}{tE} \left[\frac{x^2}{l^2} - \frac{4}{3} \frac{x^3}{l^3} \right]$	$f = \frac{Q}{tE} \frac{l^3}{192}$	A, B, C
VIII. Fig. 308.	$y = \frac{Q}{24} \frac{l^3}{tE} \left[\frac{x^2}{l^2} - 2 \frac{x^3}{l^3} + \frac{x^4}{l^4} \right]$	$f = \frac{Q}{tE} \frac{l^3}{384}$	A, C

Anschliessend an die Betrachtung der relativen Festigkeit der Metalle mögen hier noch die nach obigen Formeln sich ergebenden Werthe der für das Baufach so häufig Anwendung findenden doppelt T-Träger, wie sie in den Tafeln VII. bis X. nach den Profilen der Burbacher Hütte in $\frac{1}{5}$ natürlicher Grösse dargestellt sind (Seite 39), tabellarisch aufgeführt werden.

Es ist angenommen, ein Träger von den angegebenen Dimensionen liege auf zwei, einen Meter von einander entfernten Stützen frei auf und sei durch eine gleichmässig vertheilte Last beansprucht. Der Sicherheitsgrad gegen Bruch ist fünffach, wenn die Bruchbelastung (gegen Zug und Druck) 33,0 Kilogramm beträgt, ein Werth, der nach den gegebenen Tabellen nicht zu hoch gegriffen erscheint. h soll die Höhe des Trägers, b die Breite desselben und b_1 die Stegdicke bezeichnen. Sämmtliche Dimensionen sind in Millimetern, die Belastungen in Kilogrammen gegeben.

Nummer der Profile	h	b	b_1	Querschnitt	Widerstands-moment	Trägheits-moment	Tragfähigkeit P
1 a.	100	50	5	1150	35629	1781457	1881
1 b.	98,5	49,5	5,5	1266	38238	1883254	2018
1 c.	97	53	7	1635	47029	2280929	2483
1 d.	95	59	10	2260	60505	2874015	3194
2 a.	125	75	6	1878	76169	4760614	4022
2 b.	123,5	74,5	7,5	2290	89133	5504003	4706
2 c.	121,5	82	8,5	2827	108302	6579344	5718
2 d.	119,5	90	11	3566	129798	7755440	6853
3 a.	150	80	7	2424	117654	8824113	6212
3 b.	148	79	7,5	2599	121515	8992127	6416
3 c.	146	84	9	2994	135185	9868552	7138
3 d.	144	90	11	3994	175574	12641382	9270
4 a.	176	91,5	8,5	3113	168216	14803032	8882
4 b.	174	91	9	3410	183354	15951827	9363
4 c.	172	96	10,5	4074	210172	18074857	11097
4 d.	170	103	12	5002	261651	22240370	13815
5 a.	200	100	9	3842	238985	23898547	12618
5 b.	198	99	9,5	4158	256793	25422594	13558
5 c.	196	104	11	4893	297557	29160640	15711
5 d.	194	112	14	6186	364112	35318872	19225
6 a.	235	96	10	4454	310636	36499828	16401
6 b.	233,5	95	11	4792	327601	38247448	17297
6 c.	232	102	12,5	5585	381109	44208676	20122
6 d.	230	108	15	6708	448648	51594544	23688
7 a.	235	93	10	3894	258632	30389290	13656
7 b.	235	91,5	13	5262	348369	40933394	18394
7 c.	235	105	20	8150	519441	61034375	27426
8 a.	250	115	11	5618	429040	53630003	22653
8 b.	248	114	12	6045	453501	56234130	23945
8 c.	246	119	13	6814	511111	62866739	26987
8 d.	244	125	15	7910	583502	71187353	30808
9 a.	250	140	10	6385	529200	66150044	27941
9 b.	248,5	139	11	6815	553368	68755939	29217
9 c.	247	146	12	7972	647188	79927713	34172
9 d.	245	150	13	9126	732455	89725738	38674
10 a.	262	98	11,5	5465	416149	54515595	21973
10 b.	260	97,75	12,5	5837	436421	56734771	23043
10 c.	258	105	14,5	6840	505582	65220116	26695
10 d.	256	114	17	8235	599880	76785522	31674
11 a.	300	125	13	7492	663837	99575649	35050
11 b.	298	126	14	8100	712327	106136772	37611
11 c.	296	130	15	8940	786323	166375817	41518
11 d.	293	139	17	10723	943075	138160584	49794
12 a.	320	136	16	9800	919456	147242903	48547
12 b.	317,5	135	17	10414	965831	153325660	50996
12 c.	315	142	20	12164	1105807	174164729	58386
13 a.	400	140	16	10736	1200225	240045075	63372
13 b.	398	139	17	11400	1266176	251969050	66854
13 c.	396	150	18	12858	1466280	290323491	77420

Mit Hülfe der in Früherem gegebenen Verhältnisse und der Werthe dieser Tabelle ist es leicht möglich, für jede beliebige Beanspruchung eines doppelt T-Trägers von gegebener Länge den Querschnitt zu berechnen oder aus dem Querschnitt und der Art der Befestigung des Tragbalkens die zulässige Belastung kennen zu lernen; einige Beispiele mögen die leichte Anwendbarkeit dieser Tabelle illustriren:

Es sei ein Balken von der Länge von 2 Metern an einem Ende eingespannt und trage eine gleichmässig vertheilte Last von 1000 Kilogr., so ist das Tragvermögen eines derart eingespannten Balkens umgekehrt proportional der Länge und nach der Seite 564, Bd. I gegebenen Tabelle viermal kleiner als das Tragvermögen eines Balkens, wie er in obiger Tabelle für die doppelt T-Träger vorausgesetzt ist. Es ist demnach die verlangte Belastung mit der Zahl 2, als der doppelten Länge, und mit 4 zu multipliziren. $4 \cdot 2 \cdot 1000 = 8000 = P$, und in obiger Tabelle der nächstliegende Werth für P aufzusuchen; der entsprechende Querschnitt ist der verlangte. In diesem Falle No. 4a $h = 176$, $b = 91{,}5$, $b_1 = 8{,}5$.

Ein 5 Meter langer Balken, der an beiden Enden unterstützt ist, sei in der Mitte mit 1000 Kilogramm belastet, so wird das in Rechnung zu ziehende Tragvermögen auf den in der Tabelle angegebenen Fall sich als folgendes Produkt darstellen: $P = 1000 \cdot 5 \cdot 2 = 10000$, denn das Tragvermögen bei koncentrirter Belastung ist nur die Hälfte von demjenigen, bei gleichmässig vertheilter Last.

Für diesen Werth $P = 10000$ ergiebt sich aus der Tabelle ein Querschnitt von folgenden Dimensionen: No. 4c $h = 172$, $b = 96$, $b_1 = 10{,}5$.

Sind die Enden des Balkens fest eingespannt und ist die Last in der Mitte koncentrirt, so ist das Tragvermögen dasselbe, wie das des freiaufliegenden Trägers mit vertheilter Belastung. Der in die Tabelle einzuführende Werth wäre dann für obiges Beispiel $P = 1000 \cdot 5 = 5000$, der entsprechende Querschnitt No. 2c $h = 121{,}5$ $b = 82$, $b_1 = 8{,}5$.

Ist ein bestimmtes Profil zur Verfügung gestellt und soll dem entsprechend das Tragvermögen des Balkens bestimmt werden, so ist in derselben einfachen Weise zu verfahren. Es sei z. B. Profil 9 b gegeben und sei ein Balken von 8 Meter Länge vorhanden, der an beiden Enden aufliegend durch eine gesuchte Kraft, die gleichmässig vertheilt wirkt, belastet werden soll: Die Belastung, die der betreffende Querschnitt nach den Voraussetzungen der Tabelle zu tragen vermag, ist 29217 Kilogramm, da das Tragvermögen bei gleichem Querschnitt und Einspannung umgekehrt proportional der Länge ist, ist unsere gesuchte Belastung $Q = {}^{29217}/_{8} = 3652$ Kilogramm. Soll die Last in der Mitte koncentrirt werden, so wird der Balken nach der Tabelle S. 564 (Bd. I.) nur die Hälfte zu tragen vermögen, also ${}^{3652}/_{2} = 1826$ Kilogr. $= Q$, dagegen wenn der Balken an beiden Enden eingespannt ist und die Last gleichmässig vertheilt angenommen wird, so wird

sich das Tragvermögen wie 12 : 8 verhalten, demnach für den betreffenden Fall $Q = {}^{29217}/_{8} \,.\, {}^{12}/_{8} = 5478$ Kilogr. sein.

Da das Tragvermögen eines Balkens direkt proportional der zulässigen, Belastung ist, so wird sehr leicht für irgend einen anderen Sicherheitsgrad beziehungsweise andere zulässige Spannung das Tragvermögen eines Balkens bestimmt werden können. Der Tabelle ist als zulässige Spannung der Werth ${}^{3300}/_{5} = s = 660$ Kilogramm zu Grunde gelegt. Soll nun z. B. der 5 Meter lange frei aufliegende Balken, der in der Mitte durch 1000 Kilogramm belastet ist, mit zehnfacher Sicherheit, d. h. mit einer zulässigen inneren Spannung von 330 Kilogramm pro Quadratcentimeter berechnet werden, so würde die in die Tabelle einzufügende Tragkraft P sich folgendermassen finden: $P = 1000 \,.\, 5 \,.\, 2 \,.\, {}^{660}/_{330} = 20000$, und müsste demnach der nächstliegende Werth von P in der Tabelle aufgesucht werden und dem entsprechend das Profil; es ist No. 6c, dessen Dimensionen $h = 232$, $b = 102$, $b_1 = 12{,}5$ Millimeter sind.

Wirkt die koncentrirte Belastung nicht in der Mitte des Trägers sondern excentrisch, so ist es am einfachsten, die Auflagereaktionen zu bestimmen und sich den Balken in dem Angriffspunkt der koncentrirten Belastung fest eingespannt zu denken, es reduzirt sich demnach dieser Fall auf die unter No. I in der Tabelle Seite 564 gegebenen Angriffsart der äusseren Kräfte.

Zur Berechnung der Eisenbahnschienen auf Biegungsfestigkeit kann folgende Tabelle[1]) dienen. Die Schienen sind von verschiedener Höhe mit einer durchgängigen Basisbreite von 91,5 Millimetern und einer Kopfbreite von 55 Millimetern.

C. Festigkeit gegen Zerknicken.

Werden Stäbe, deren Länge im Verhältniss zu ihrem Querschnitte sehr gross ist, in ihrer Längenaxe auf Druck beansprucht, wie dies bei Säulen, Streben etc. der Fall ist, so zeigt sich, dass dieselben eine bedeutend geringere Widerstandsfähigkeit besitzen, als die Berechnung auf rückwirkende Festigkeit ergiebt. Dieser Umstand rührt davon her, dass eine derartige Beanspruchung eines verhältnissmässig langen Stabes eine seitliche Ausbiegung zur Folge hat, die von der unvollständigen Homogenität des Materials oder auch davon herrühren kann, dass die beanspruchende Kraft nicht genau in der geometrischen Axe des Stabes wirkt. Es müsste demnach eine Berechnung der Säule auf rückwirkende und auf Biegungsfestigkeit erfolgen.

---

[1]) Hütte, Seite 251.

	Höhe h	Flächeninhalt	Gewicht pro lfde. m. in Kilogr.	Trägheitsmoment bezogen auf die		Widerstandsmoment bezogen auf die horizontale Axe
				horizontale Schwerpunktsaxe	vertikale Schwerpunktsaxe	
Fig. 309.	130,8	4275	32,66	9190000	1497300	140400
	118	3900	29,8	6955900	1403800	117500
	104,6	3420	26,1	4702600	1216600	89800
Fig. 310.	130,8	8550	65,31	55215000	2994700	422200
	118	7800	59,6	40836000	2807500	346900
	104,6	6840	52,2	28122000	2433200	2684600

Den verschiedenen Fällen der Biegungsfestigkeit entsprechend wird sich die Tragfähigkeit der Säule auch vollständig verschieden gestalten, je nachdem die Enden der Säulen abgerundet sind oder als fest eingespannt betrachtet werden können.

Grashof entwickelte für die verschiedenen Fälle der Einspannung auf Grund der Untersuchungen über zusammengesetzte Festigkeit folgende Gesetze, die zur Berechnung der Säulen und Streben dienen können. In diesen Formeln bedeutet P die Bruchbelastung, J das kleinste Trägheitsmoment des Querschnitts in bezug auf eine Axe, die in der Ebene des Querschnittes liegt, l die Länge der Säule, d den Durchmesser des Kreisquerschnitts, b die kleinere Seite des Rechteckquerschnitts und E den Elasticitätsmodul des betreffenden Materials.

Säulen, die an beiden Enden abgeflacht sind, wie sie im Bauwesen meist vorkommen, können nach den Versuchen von Hodgkinson als an beiden Enden eingespannt betrachtet werden.

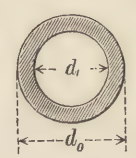
Berechnet man diesen dritten Fall (Fig. 313) und nimmt durchgängig zehnfache Sicherheit gegen Bruch und für den Elasticitätsmodul E = 1,000,000 Kgr. (nach Reuleaux), so erhält man für Säulen mit Kreisquer-

Art der Einspannung	Bruchbelastung P	Ist auf Druckfestigkeit zu berechnen, wenn		
		$\frac{l}{d}$ kleiner als	$\frac{l}{b}$ kleiner als	für das Material
Fig. 311.	$P = \frac{5}{2} \frac{E . J}{l^2}$	5	5 ¾	Gusseisen
		12	14	Schmiedeeisen
Fig. 312.	$P = 10 \frac{E . J}{l^2}$	10	11 ½	Gusseisen
		24	28	Schmiedeeisen
Fig. 313.	$P = 40 \frac{E . J}{l^2}$	20	23	Gusseisen
		48	56	Schmiedeeisen

schnitt vom Durchmesser d und einer Länge l in Millimetern folgende zulässige Belastungen in Kilogrammen:

l =	2000	3000	4000	5000	6000	7000
d = 50	3027	1350	760	487	338	248
60	6278	2802	1576	1009	701	514
70	11674	5170	2906	1861	1294	942
80	19850	8791	4960	3174	2209	1618
90	31782	14125	7944	5022	3531	2607
100	—	21488	12110	7750	5403	3962
120	—	44642	25111	16071	11161	8222
140	—	81100	46521	29774	20718	15190
160	—	—	79364	50793	35328	25455
180	—	—	127176	81361	49215	41536
200	—	—	—	124006	86235	63180

Fig. 314.

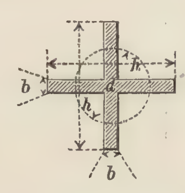




Gusseiserne Säulen werden gewöhnlich hohl hergestellt. Die Berechnung eines solchen Ringquerschnitts (Fig. 314) erfolgt am einfachsten aus dem vollen Kreisquerschnitt nach folgender Tabelle:

$\frac{d_1}{do}$ =	0,5	0,6	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95
$\frac{do}{d}$ =	1,016	1,035	1,07	1,10	1,14	1,20	1,31	1,52

Fig. 315.



Häufig sieht man auch Säulen mit kreuzförmigem Querschnitt (Fig. 315) ausgeführt. Eine Berechnung dieses Querschnitts erfolgt, nachdem man das Profil der Säule angenommen hat und den Durchmesser des entsprechenden vollen Kreisquerschnitts bereits kennt, aus folgender Tabelle:

$\frac{d}{h}$ =	0,63	0,67	0,693	0,715	0,746	0,775	0,794	0,835	0,873	0,91	0,941
$\frac{b}{d}$ =	0,15	0,18	0,2	0,22	0,25	0,28	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5

Dass die oben gemachte Annahme der zehnfachen Sicherheit jedenfalls keine zu schwachen Säulen liefern wird, beweisen die Versuche vom Baumeister Drewitz, der gusseiserne Säulen auf die Belastung $10 \frac{J \cdot E}{l^2}$ prüfte und noch keinerlei nachtheilige Veränderungen daran bemerken konnte.

Die Unbestimmtheit in den Annahmen, die der Theorie hier zu Grunde liegen müssen, machen die Resultate derselben wohl für praktische Rechnungen genügend brauchbar, doch entbehren sie noch der Sicherheit, die von theoretischen Formeln verlangt wird, deshalb sind gerade hier die praktischen Versuche und die hierauf gegründeten empirischen Formeln sehr wichtig. Solche Versuche hat nun in umfassender Weise Hodgkinson gemacht. Die in Folgendem gegebenen Resultate der Hodgkinson'schen Versuche beziehen sich auf die beiden Fälle der Strebfestigkeit, dass erstens beide Enden der Säulen zugeschärft sind und demnach als beweglich betrachtet werden können, und zweitens sind die Enden normal zur Axe abgeflacht, also fest eingespannt. Im ersten Falle ist die Länge der Säulen grösser als der 15 fache Durchmesser, im zweiten Falle grösser als der 30 fache Durchmesser vorausgesetzt.

Körperform	Material	Die Enden des Balkens sind abgeschärft:	Die Enden des Balkens sind flach abgeschnitten:
Massiver Cylinder vom Durchmesser d	Gusseisen	$P = 60 \frac{d^{3,76}}{L^{1,7}}$	$P = 218 \frac{d^{3,55}}{L^{1,7}}$
	Schmiedeeisen	$P = 121 \frac{d^{3,76}}{L^2}$	$P = 461 \frac{d^{3,55}}{L^2}$
Hohler Cylinder. Aeusserer Durchmesser d_0 Innerer Durchmesser d_1	Gusseisen	$P = 53 \frac{d_0^{3,76} - d_1^{3,76}}{L^{1,7}}$	$P = 218 \frac{d_0^{3,55} - d_1^{3,76}}{L^{1,7}}$

Die Längen L sind hierbei in Metern, die Durchmesser in Centimetern, die Bruchbelastungen in Kilogrammen gegeben.

Für den Fall des einerseits beweglich aufliegenden, andererseits eingespannten Säulenendes giebt Hodgkinson als Bruchbelastung ungefähr das arithmetische Mittel aus den obigen beiden Fällen an.

Ist die Länge kleiner als das Fünfzehn-, beziehungsweise Dreissigfache des Durchmessers, jedoch immer noch innerhalb der Grenzen, die eine Berechnung auf Zerknickungsfestigkeit beanspruchen, so soll nach Hodgkinson folgende Formel angewendet werden:

$$P = \frac{K'' F + P_1}{\frac{3}{4} K'' F P_1}$$

in welcher P die Bruchbelastung, P_1 die Bruchbelastung nach obiger Tabelle, K″ die Bruchbelastung auf einfache Druckfestigkeit berechnet, und F der Querschnitt der Säule ist.

Um aus den gegebenen Formeln die zulässige Belastung zu finden, ist für Schmiedeeisen mindestens vier-, für Gusseisen mindestens sechsfache Sicherheit zu nehmen.

D. Die Schub- oder Abscherungsfestigkeit.

Wirkt die an einem Körper angreifende Kraft P in der Ebene desjenigen Querschnitts, in welchem eine Trennung der kleinsten Theile erfolgen soll, so nennt man den Widerstand des Körpers gegen diese Beanspruchung die Schub-, Abscherungs- oder Gleitungsfestigkeit des betreffenden Materials.

Soll die Kraft bestimmt werden, die ein gegebener Querschnitt q, der auf Scherfestigkeit beansprucht wird, auszuhalten im Stande ist, so ist in derselben Weise, wie bei absoluter und rückwirkender Festigkeit dieser Querschnitt mit dem Widerstand der Flächeneinheit zu multipliziren $P = qs$,

Mannigfache Versuche haben mit grosser Annäherung für die meisten einfachen Fälle dieses Gesetz als richtig erwiesen. Durchschnittlich kann man aus diesen Versuchen entnehmen, dass die Elasticitätsgrenze erreicht wird, wenn s ungefähr den Werth $\frac{4}{5}$ vom kleineren der beiden Tragmoduli des betreffenden Materials erreicht.

Es mögen hier einige der angedeuteten Versuche angeführt werden, da die Wichtigkeit, genaue Daten über die Scherfestigkeit der Metalle zu besitzen, zu vielen Experimenten Veranlassung gab.

In Klausthal wurden Untersuchungen über die Widerstandsfähigkeit der Kettenbolzen bei Kettenbrücken durchgeführt, die zu folgenden Resultaten führten[1]):

Gutes raffinirtes geschmiedetes Stabeisen bedurfte 2224 bis 2655 Kilogramm pro Quadratcentimeter, also 68 bis 80 Prozent der absoluten Festigkeit, um abgeschert zu werden; Solinger Gussstahl von unschweissbarer Sorte, ungehärtet 6579 Kilogramm, das ist 75 Prozent der absoluten Festigkeit; derselbe Stahl federhart 2655 Kilogramm pro Quadratcentimeter, ungefähr 42 Prozent der absoluten Festigkeit.

Von John Jones liegen zahlreiche Versuche über die Widerstandsfähigkeit des Kesselblechs gegen Durchlochen vor, die eine ziemlich genaue Proportionalität der nöthigen Kraft mit der Schnittfläche ergeben. Im Mittel fand er 4200 Kilogramm pro Quadratcentimeter, also einen bedeutend höheren Werth, als die Versuche in Klausthal für die Schnittfestigkeit der Kettenbolzen ergeben haben. Der Unterschied kommt jedenfalls auf Rechnung nebensächlicher Widerstände, wie z. B. die Reibung beim Durchdrücken des stark komprimirten Stückes an den Wandungen des Loches.

---

[1]) Wiebe, „Maschinenbaumaterialien“.

Winkler giebt in seiner Zusammenstellung der Festigkeitskoefficienten folgende Werthe für die Schubfestigkeit der Metalle:

Schmiedeeisen	3230	Kilogramm.
Eisenblech, parallel zur Walzrichtung	2750	„
dito senkrecht zur Walzrichtung	2590	„
Stahl	6220	„
Gussstahl . . . , ...	7780	„
Gusseisen	1060	„

Also ziemlich bedeutend höhere Werthe, als sie in Klausthal gefunden wurden. Heinzerling berechnet noch höhere Koefficienten als Mittelwerthe der verschiedenen vorhandenen Versuchsresultate, nämlich:

Material	Bruchkoefficient	Zulässige Beanspruchung
Gusseisen	3427	600
Schmiedeeisen	3596	230

Die Scherfestigkeit des Schmiedeeisens erhält hohe Bedeutung bei den Vernietungen und sind es gerade diese, die zu vielen Versuchen Veranlassung gegeben haben. Es mögen hier folgende erwähnt werden:

Von Gouin & Comp. wurde bei Gelegenheit der Erbauung der Brücke von Clichy die Schnittfestigkeit der Nieten auf folgende Weise geprüft: es wurde abgedrehtes Nieteisen zwischen zwei Stahlstücke gebracht, von welchen das eine das andere gabelförmig umfasste. Die Löcher der Stahlstücke waren genau gebohrt und innen polirt. Die untersuchten Nieteisen besassen Durchmesser von 8, 10, 12 und 16 Millimeter. Durch direkte Belastung wurden die Stahlstücke auseinandergezogen und nach der Belastung die durchschnittliche Widerstandsfähigkeit des betreffenden Eisens zu 3189 Kilogramm pro Quadratcentimeter berechnet. Die absolute Festigkeit dieser Eisenstangen fand sich zu 4000 Kilogramm; demnach war die Scherfestigkeit ziemlich genau als $^4/_5$ der absoluten Festigkeit gefunden.

Da die meisten Vernietungen warm hergestellt werden, d. h. das Niet in rothwarmem Zustande eingebracht und dann der Kopf daran geformt wird, so wird beim Erkalten im Nietschafte eine ziemlich bedeutende Längskontraktion stattfinden, die ein festes Zusammenpressen der Bleche zur Folge hat. Es muss dann, ehe das Niet auf Scherfestigkeit in Anspruch genommen wird, die bedeutende Reibung der Bleche überwunden werden.

Experimente beim Baue der Britanniabrücke ergaben das Resultat, dass die Reibung der vernieteten Bleche ziemlich genau proportional dem

Nietquerschnitt sei und zu 1000 bis 1400 Kilogramm pro Quadratcentimeter Nietquerschnitt gesetzt werden dürfe. Versuche von Lavalley, die mit einer einfachen Kettennietung (Fig. 321) angestellt wurden, ergaben im Mittel einen Werth von 1580 Kilogrammen pro Quadratcentimeter.

Sämmtliche Versuche werden einfach in der Weise eingeleitet, dass man die Nietlöcher in den Blechen nicht rund, sondern länglich formt und dann, nachdem das Niet warm angezogen wurde, so lange belastet, bis eine relative Bewegung der Bleche stattfindet. Belastet man nun noch weiter, so kann man gleichzeitig die Gesammtfestigkeit der Vernietung untersuchen.

Nach Harkort's Versuchen ergab sich im Mittel die Reibung zu 1460 Kilogramm. Clarks fand die Reibung zu 1350 Kilogramm; die Scherfestigkeit der betreffenden Nieten lag zwischen 3300 und 3700 Kilogramm, sämmtliche Werthe auf den Quadratcentimeter Nietquerschnitt bezogen, so dass sich die absolute Festigkeit zur Scherfestigkeit und zur Reibung wie 5 : 4 : 1 verhält.

Eine Berechnung der Nieten auf Reibung würde, wenn man dieselbe Sicherheit wie bei Festigkeitsberechnungen einführen wollte, viel zu enge Niettheilung, d. h. eine viel grössere Anzahl von Nieten ergeben, als wenn man die Berechnung auf Scherfestigkeit durchführt, und in der Praxis berücksichtigt man bei Bestimmung einer Vernietung die Reibung nur in wenigen Fällen.

Wird eine Kraftnietung, d. h. eine Nietung, deren Bleche auf das Maximum der zulässigen Belastung in ihrer Längenrichtung beansprucht sind, auf Festigkeit berechnet, so sind folgende Fälle in's Auge zu fassen:

Erstens, die Beanspruchung kann so gross werden, dass die Nieten abgeschert werden.

Zweitens, das Blech reisst zwischen den Nieten ab.

Drittens, die Nieten sind zu nahe am Rande des Bleches, welches in folge dessen ausschlitzt.

Viertens, der spezifische Flächendruck der Niete gegen das Blech ist so gross, dass ein Stauen der Nietlochleibung erfolgt.

Bringt man diese vier Möglichkeiten mit dem dafür durch Versuche bestimmten Koefficienten in Beziehung und rechnet die entsprechenden Dimensionen aus, so wird für eine derartige Nietung für sämmtliche gefährliche Stellen gleichzeitig die Bruchbelastung eintreten, also jedenfalls keine Dimensionen im Verhältniss zu gross werden,

Bezeichnet a die Entfernung der Nietmittel, parallel den Blechrändern gemessen,

b die Entfernung der einzelnen Nietreihen unter sich und auch die Entfernung der ersten Niete vom Blechrand,

d den Durchmesser der Nieten,
n die Anzahl der Nietreihen parallel zu den Blechrändern,
m die Anzahl der auf Abscheren in Anspruch genommenen Querschnitte eines Nietbolzens,
$\Sigma(\delta)$ die Summe aller auf einer Seite der Fuge vorhandenen Blechstärken,
$\Sigma(\delta_0)$ die Summe aller auf der anderen Seite der Fuge vorhandenen Blechstärken,

so ergeben sich die einzelnen Dimensionen nach den oben aufgestellten Gesichtspunkten folgendermassen[1]):

Die Niettheilung:

$$a = \frac{n\,m\,\pi d^2}{4\,\Sigma(\delta)} + d = \frac{n\,m\,\pi d^2}{4\,\Sigma(\delta_0)} + d.$$

Die Entfernung der Nietreihen unter sich:

$$b \geqq \frac{a - d}{n}.$$

Der Durchmesser der Nieten:

$$d \leqq \frac{10{,}8\,\Sigma(\delta)}{\pi\,m} = \frac{10{,}8\,\Sigma(\delta_0)}{\pi\,m}.$$

Das Verhältniss der Festigkeit des durchlochten Bleches zum vollen ergiebt sich:

$$\varphi = \frac{a - d}{a}.$$

Einige Beispiele mögen die Anwendbarkeit dieser Formeln auf spezielle Fälle der Vernietungen zeigen:

Fig. 316.

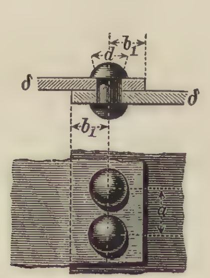
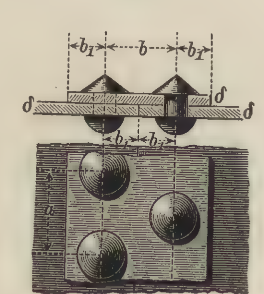


Fig. 317.



Für die einfache Nietung (Fig. 316) und die einfache Laschennietung (Fig. 317) ist m = 1 und n = 1 und $\Sigma(\delta) = \delta$ zu setzen, dann wird:

[1]) Professor Ludewig, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. 1869.

$$a = 0,785 \frac{d^2}{\delta} + d$$

$$b_1 = b \geqq a - d; \; b_{1\,min} = 1,5\,d$$

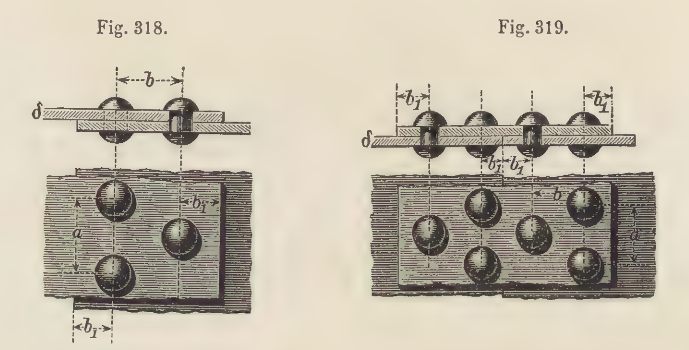
$$d \leqq 3,44\,\delta$$

$$\varphi = \frac{1}{1 + \frac{\delta}{0,785\,d}}.$$

Der Durchmesser des Nietes würde nach dieser Formel viel zu gross. Es ist deshalb besser, aus einer empirischen Gleichung diesen Durchmesser zu bestimmen und dann in die obigen Gleichungen einzuführen. Als solche Formel möchte sich folgende empfehlen: $d = 2 + 3\sqrt{s}$, wenn unter s die Gesammtdicke aller auf einander liegenden durchlochten Bleche bedeutet.

Für die zweireihige Nietung (Fig. 318) und die zweireihige

Fig. 318. Fig. 319.



einfache Laschennietung (Fig. 319) wird $n = 2$ zu setzen sein, demnach die Formeln sich folgendermassen umgestalten:

$$a = 1,57 \frac{d^2}{\delta} + d$$

$$b \geqq \frac{a - d}{2}; \; b_{1\,min} = 1,5\,d$$

$$d \leqq 3,4\,d$$

$$\varphi = \frac{1}{1 + \frac{\delta}{1,57\,d}}.$$

Die einreihige Doppellaschennietung (Fig. 320) und die Kettennietung (Fig. 321) besitzen zweischnittige Nieten; es ist deshalb für $m = 2$ zu setzen:

$$a = 1,57 \frac{d^2}{\delta} + d$$

$$b_1 = b \geqq a - d; \; b_{1\,min} = 1,5\,d$$

$$d \leqq 1,76\,\delta$$

$$\varphi = \frac{1}{1 + \frac{\delta}{1,57\,d}}.$$

Fig. 320.

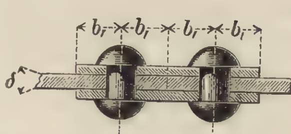


Fig. 321.

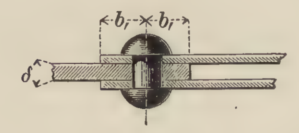
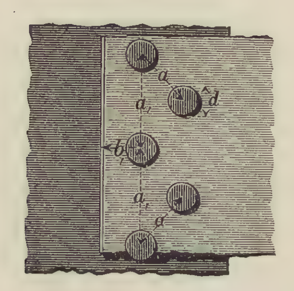


Fig. 322.



Ueber diese Arten der Kraftnietung hat Fairbairn zahlreiche Versuche gemacht, die im allgemeinen obige Formeln bestätigen dürften.

Für leichte Nietung, d. h. für Nietung, bei welcher die Bleche in ihrer Längsrichtung entweder gar nicht beansprucht werden oder doch nicht das Maximum des zulässigen Zuges aufzunehmen haben, treten an Stelle obiger berechneter Formeln empirische, z. B.:

$$d = 2 + 3 \sqrt{s}; \; a = 3\,d + 50 \text{ Millimeter.}$$

Für Dampfkesselnietungen sind wegen des nothwendigen dichten Verschlusses die Nieten enger zu stellen und ausserdem verhältnissmässig dick zu halten.

Lemaître giebt für die einfache Nietung:

$$d = 4 + 1,5\,\delta$$

$$a = 10 + 2\,d$$

$$b = 1,5\,d.$$

Für zweireihige Nietung, wenn die Nieten zickzackreihig angeordnet sind (Fig. 322), kann für a derselbe Werth gesetzt werden, wie für Kraftnietungen angegeben wurde:

$$a = 0{,}785 \frac{d^2}{\delta} + d$$

a_1 nimmt man dann: $a_1 = 2\,a - d.$

In bezug auf die Festigkeit und zulässige Beanspruchung für Schub hat Prof. Dr. Weyrauch folgende Formeln entwickelt:

Die zulässige Beanspruchung pr. qcm. ergiebt sich für den Fall, dass alle Beanspruchungen in einerlei Richtung erfolgen.

$$\text{für Schmiedeeisen } b' = \tfrac{4}{5}\, b = 560 \left(1 + \tfrac{1}{2} \frac{\min B}{\max B}\right);$$

$$\text{für Stahl } b' = \tfrac{4}{5}\, b = 800 \left(1 + \tfrac{9}{11} \frac{\min B}{\max B}\right);$$

für den Fall, dass die Beanspruchung in entgegengesetzter Richtung stattfindet:

$$\text{für Schmiedeeisen } b = \tfrac{4}{5}\, b = 560 \left(1 - \tfrac{1}{2} \frac{\max B'}{\max B}\right);$$

$$\text{für Stahl } b' = \tfrac{4}{5}\, b = 880 \left(1 - \tfrac{5}{11} \frac{\max B'}{\max B}\right).$$

Speziell für ruhende Beanspruchung ist $b' = 1600$; für Stellen, welche nach jeder Beanspruchung in bestimmtem Sinne wieder in den spannungslosen Zustand übergehen, $b' = 880$, für Stellen, welche gleich grosse Beanspruchung in entgegengesetzter Richtung erleiden $b' = 480$ k[1]).

E. Die Torsionsfestigkeit.

Wird ein an einem Ende eingespannter stabförmiger Körper um seine Längsaxe zu drehen gesucht, so nennt man den Widerstand den der Körper einer derartigen Beanspruchung entgegensetzt, seine Torsions- oder Drehungsfestigkeit.

Bei der theoretischen Betrachtung dieser Widerstandsart wird, allerdings mit einem kleinen Fehler, angenommen, dass die gegenseitige Lage der kleinsten Theile in einem Querschnitte dieselbe bleibe, insbesondere, dass der Normalschnitt während der torsirenden Wirkung stets eben sei. Es ist also nur eine relative Drehung der Normalschnitte gegen einander hier in's Auge zu fassen, mit andern Worten, es ist die Torsionsfestigkeit nur als ein höherer Grad der Schub- oder Abscherfestigkeit zu betrachten, und zwar ist die Abhängigkeit ebenso aufzufassen, wie die Ab-

[1]) Näheres: Festigkeit und Dimensionenberechnung der Eisen und Stahlkonstruktionen von Dr. Jac. Weyrauch. Leipzig 1876.

hängigkeit der Biegungsfestigkeit eines Körpers von der absoluten und rückwirkenden Festigkeit des Materials.

Die Axe, um welche die Drehung der Querschnitte erfolgt, die also, da in ihr keine abscherende Wirkung vorhanden ist, ebenfalls als neutrale Axe bezeichnet werden kann, ist die Verbindungslinie der Schwerpunkte.

Bezeichnet M das Moment der äusseren Kraft in bezug auf diese Axe, so muss die Summe der Momente der inneren Schubspannungen in bezug auf dieselbe Axe dem Moment M das Gleichgewicht halten. Eine einfach durchzuführende Rechnung ergiebt diese Summe der Momente der inneren Spannungen zu $\frac{t_p K}{a}$, wenn t_p das polare Trägheitsmoment des Körpers, a die Entfernung der äussersten Faser von dieser Drehaxe und K die in dieser Faser herrschende Schubspannung bedeutet.

Ist demnach der zulässige Werth von K bekannt, so lässt sich mit Hülfe dieser Beziehung $M = \frac{t_p K}{a}$ leicht für einen gegebenen Querschnitt das zulässige Moment oder umgekehrt für ein bestimmtes Moment der nöthige Querschnitt berechnen.

Setzt man für K den Schubtragmodul, so erhält man die Elasticitätsgrenze für Torsionsbeanspruchung, entsprechend dem Schubbruchmodul gesetzt, ergiebt die Bruchbeanspruchung auf Torsion.

Der Schubtragmodul ist zu ungefähr $^4/_5$ von dem kleineren der beiden Tragmoduli des betreffenden Materials zu nehmen.

Will man demnach dieselbe Sicherheit einer Konstruktion, wie sie bei Beanspruchungen auf Zug oder Druck verlangt ist, so wird man hier für K ebenfalls $^4/_5$ von der kleineren der beiden zulässigen Belastungen zu setzen haben.

Heinzerling setzt diese zulässige Belastung für Schmiedeeisen zu K = 730 Kilogramm, für Gusseisen K = 538 Kilogramm pro Quadratcentimeter, jedoch nur für ruhende Theile und berechnet unter Einführung dieses Werthes folgende Tabelle der Torsionswiderstandsmomente für verschiedene Querschnitte und verschiedene Arten der Beanspruchungen.

Für Gusseisen:

Nr.	Querschnitt	Ruhende Theile	Durch Menschen- und Thierkräfte bewegte Theile	Durch Elementarkräfte bewegte Theile	Stark gestossene Theile
1	h	$103,64\ h^3$	$25,87\ h^3$	$17,25\ h^3$	$12,94\ h^3$
2	d	$86,10\ d^3$	$21,49\ d^3$	$14,33\ d^3$	$10,74\ d^3$
3	d D	$86,10 \frac{D^4 - d^4}{D}$	$21,49 \frac{D^4 - d^4}{D}$	$14,33 \frac{D^4 - d^4}{D}$	$10,74 \frac{D^4 - d^4}{D}$

Für Schmiedeeisen:

Nr.	Querschnitt	Ruhende Theile	Durch Menschen- und Thierkräfte bewegte Theile	Durch Elementarkräfte bewegte Theile	Stark gestossene Theile
1	(Quadrat, h)	$172{,}78\ h^3$	$43{,}20\ h^3$	$28{,}80\ h^3$	$21{,}56\ h^3$
2	(Kreis, d)	$143{,}48\ d^3$	$35{,}89\ d^3$	$23{,}90\ d^3$	$17{,}93\ d^3$
3	(Ring, d, D)	$143{,}48 \frac{D^4 - d^4}{D}$	$35{,}89 \frac{D^4 - d^4}{D}$	$23{,}90 \frac{D^4 - d^4}{D}$	$17{,}91 \frac{D^4 - d^4}{D}$

Sämmtliche Dimensionen sind in Centimetern, die Belastungen in Kilogrammen zu nehmen.

Bei obiger Betrachtung wurde die Beanspruchung der äussersten Faser als massgebend der Berechnung zu Grunde gelegt und deren Grösse nur bis zu einer gewissen Grenze als zulässig erachtet. Es kommt für einzelne Fälle von sehr langen Stäben jedoch auch vor, dass die Gesammtverdrehung des Stabes, also der Winkel, den zwei vor der Verdrehung parallele Diameter des ersten und letzten Normalschnittes nach der Verdrehung einschliessen, eine gewisse Grösse nicht überschreiten soll. Dieser Verdrehungswinkel hängt natürlich ab von der relativen Verschiebung der Normalschnitte gegen einander, also ähnlich wie bei Betrachtung der absoluten und rückwirkenden Festigkeit der Elasticitätsmodul direkt aus den relativen Verlängerungen oder Verkürzungen bestimmt wurde, muss umgekehrt hier aus dem Torsionsmodul die relative Verschiebung d. h. der Verdrehungswinkel bestimmt werden.

Bezeichnet δ diesen Verdrehungswinkel und x die Entfernung des betrachteten Normalschnitts, tp das polare Trägheitsmoment und G den Torsionsmodul, so ergiebt sich der Verdrehungswinkel aus der Formel:

$$\delta = \frac{M \, . \, x}{t_p \ G} \, .$$

Nach Cauchy ist für diesen Verdrehungswinkel $^2/_5$ des Elasticitätsmoduls zu setzen.

Winkler giebt folgende Werthe:

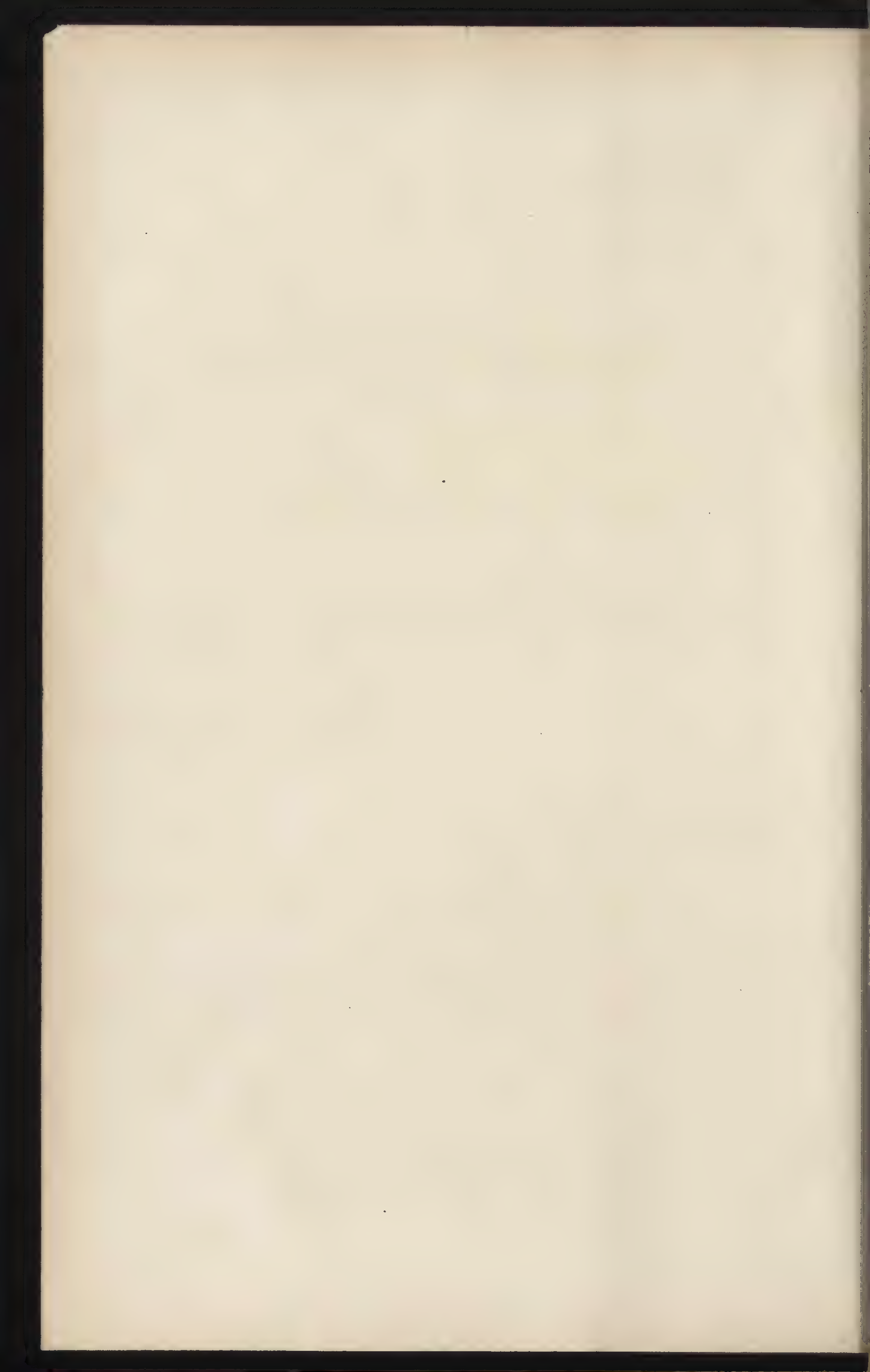
Schmiedeeisen	680000.	Gussstahl	700000.
Stahl	677000.	Gusseisen	380000.

in Kilogrammen auf den Quadratcentimeter bezogen.

Wichtig wird diese Art von Berechnung bei langen Wellenleitungen in Fabriken. Hier ist es leicht möglich, dass ein allzu grosser Verdrehungswinkel, also ein zu grosses Zurückbleiben Störungen in der Fabrikation hervorbringen könnte. Um dies zu verhüten, bestimmt man im allgemeinen

dass der Verdrehungswinkel pro laufenden Meter Wellenstrang $^1/_4$ Grad nicht überschreiten soll, und hiernach ist die Stärke der Wellenleitung leicht zu finden, wenn man das polare Trägheitsmoment des Kreisquerschnitts zu $tp = \frac{\pi}{32} d_4$ einführt.

Findet die Kraftabgabe einer Transmission nicht am Ende derselben, sondern gleichmässig vertheilt über den ganzen Wellenstrang statt, so ist für die Länge des Stranges nicht die wirkliche Länge, sondern nur die Hälfte derselben in die Rechnung einzuführen. Findet die Kraftabgabe bis zum Ende der Wellenleitung selbst abnehmend statt, so setzt man genau genug $^1/_3$ der Gesammtlänge in die Rechnung ein.



Baumaterialien.

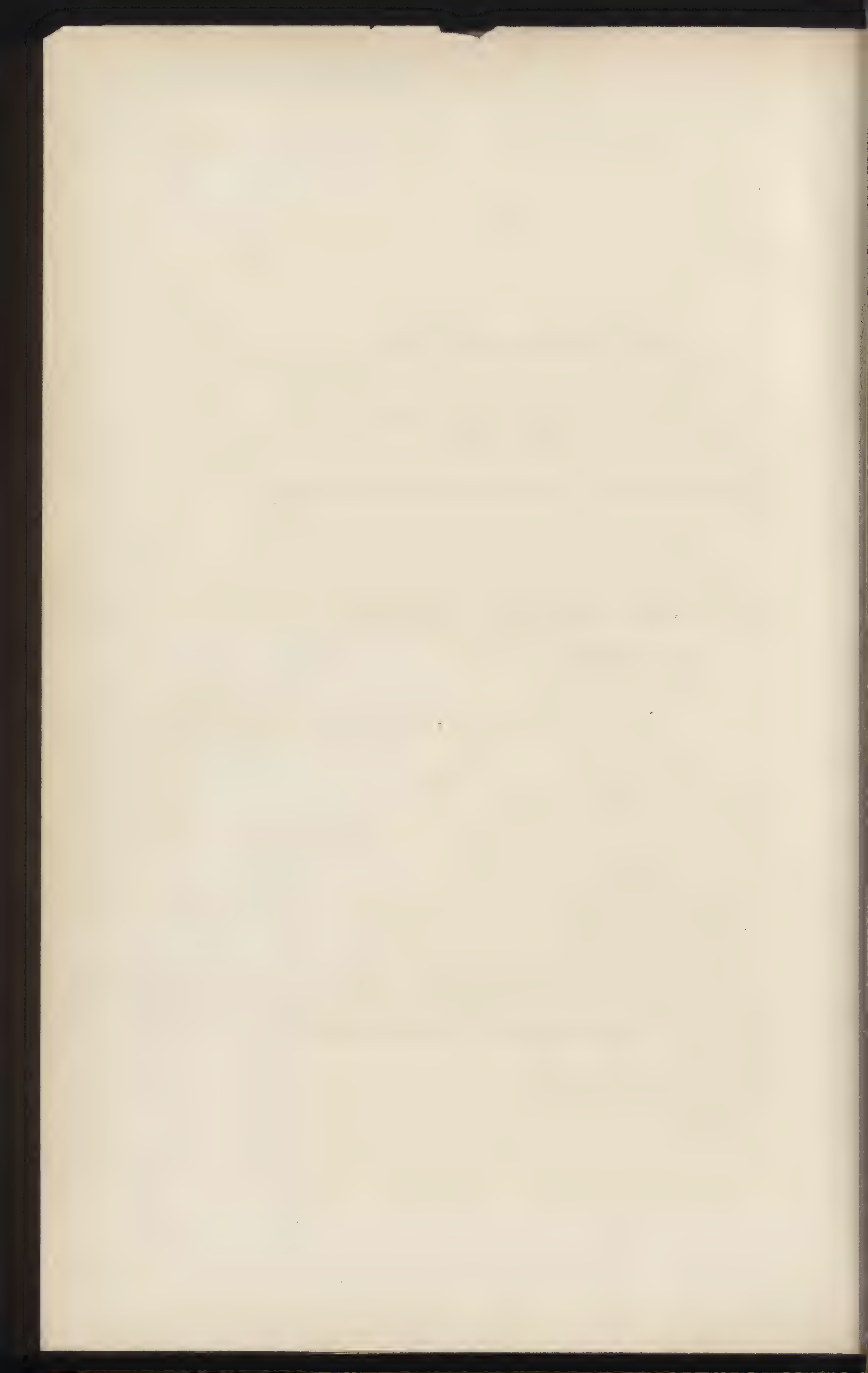
II. Hauptgruppe.

Verbindungs-Materialien.

A. Die verschiedenen Mörtelarten.

B. Die Kitte.

C. Der Asphalt.



Verbindungs - Materialien.

Stoffe, welche die Fähigkeit haben, an Köpern gleicher oder anderer Art fest zu haften und solche mit einander zu verbinden, nennt man Verbindungsmaterialien; sie sind verschiedener Natur und bestehen wohl aus Erden, die behufs ihrer Verwendung wenig Vorbereitung durch Umarbeiten erfordern, oder aus anorganischen, auch organischen Substanzen, die durch die verschiedensten Prozesse verarbeitet, erst ihre Brauchbarkeit erhalten.

Meistentheils werden die Verbindungsmaterialien in weichem Zustande verwendet und tritt ihre Erhärtung nach kürzerer oder längerer Zeit ein, sie vermitteln hierbei den Zusammenhang der Bautheile, indem sie entweder an denselben mechanisch adhäriren oder auch wohl eine chemische Verbindung eingehen; ihr Verhalten gegen die Einflüsse der Atmosphäre, des Feuers, des Wassers etc. ist sehr verschieden.

Zu den Verbindungsmaterialien gehören:

A. **die verschiedenen Mörtelarten**, und zwar

1. Lehmmörtel, 2. Kalkmörtel, 3. Grobmörtel (Beton), 4. Gypsmörtel.

B. **Die Kitte.**

C. **Der Asphalt.**

A. Die verschiedenen Mörtelarten.

1. Der **Lehmmörtel**; das älteste Material zur Verbindung von Bausteinen war Lehmmörtel, wie überhaupt der Lehmbau fast ausschliesslich für die Herstellung von Wohnhäusern sich sehr lange Zeit erhalten hat, denn wir finden im Pausanias (liber VIII. Kap. 8. 6) die Mittheilung, dass eine der wichtigsten Städte Griechenlands, Mantinea nämlich, im Jahre 362 v. Chr. noch aus Lehm errichtete Festungswerke besass, die bei deren Be-

lagerung dadurch zerstört wurden, dass man den Fluss Ophis dagegen leitete, um sie so durch Erweichen zu vernichten.

Das III. Buch Mosis giebt über den Häuseraussatz Vorschriften; Kap. 14, Vers 42. 43 lauten wörtlich: „Und das Haus soll man ringsherum schaben, und sollen den abgeschabten Leimen hinaus vor die Stadt an einen unreinen Ort schütten, und andere Steine nehmen und an jener Statt thun, und anderen Leimen nehmen und das Haus bewerfen.“ Es wurde also auch zum Bewurf Lehmmörtel verwendet.

In allen römischen Schriftstellern, die technische Fragen behandeln, wird der Bauten mit Lehmsteinen Erwähnung gethan; Vitruv und Palladius besprechen in ausführlicher Weise die Herstellung der Lehmsteine, die sie lateres nennen. (Palladius, liber VI. Kap. 12, liber X. Kap. 15.)

Professor B. Grueber erwähnt, dass ein Hauptvortheil des Lehmputzes der sei, dass alle Farben in höchster Klarheit darauf stehen, wie man dies aus den altitalienischen Temperabildern, die auf Lehmgrund gemalt sind, entnehmen kann.

In unserer Zeit verwendet man den Lehmmörtel meistens nur zur Herstellung von landwirthschaftlichen Gebäuden untergeordneten Ranges, und müssen solche Gebäude stets durch weit übergreifende Dachungen gegen die Einwirkungen des Regens geschützt werden.

Die zum Lehmmörtel am meisten verwendeten Lehmsorten sind die gelben, bräunlichen oder hellgrauen, die sich leicht im Wasser zu einem gleichmässigen Brei lösen lassen; zu fette plastische Thone sind schwerer zu bearbeiten, trocknen sehr langsam und werden beim Austrocknen rissig. Vorzügliche Dienste leistet der Lehmmörtel zur Herstellung von Feuerungsmauern, wobei man demselben wohl eine grössere Aufmerksamkeit in bezug auf seine Zubereitung zuwendet, indem man den Lehm vorher reinigt, schlämmt und nöthigenfalls auch entfettet.

Lehmputz, welchem sehr häufig kleingeschnittenes Stroh, Heu, Waldmoos, Flachsschäben, Spreu etc. beigesetzt ist, verwendet man mit Sicherheit nur zu inneren Wänden oder wenn sie gegen den Regen geschützt werden können, auch für äussere. Im allgemeinen ist die Anwendung des Lehmmörtels eine sehr beschränkte, gewährt aber in diesem Bereiche vielfache Vortheile. Er ist sehr billig herzustellen, lässt sich leicht verarbeiten, so dass auch ungeübte Leute damit hantiren können. Die mit Lehm ausgeführten Mauern zeichnen sich durch grosse Trockenheit aus und halten im Winter die umschlossenen Räume warm, im Sommer dagegen kühl.

Wird der Lehm zu einer dichten Masse zusammengestampft oder geschlagen, so nimmt er grössere Härte an, und tränkt man ihn dann erst noch mit öligen Substanzen, und hierzu benutzt man am häufigsten das beim Theerschwelen zuerst abfliessende Wasser, die sogenannte Theergalle. Der Lehm in dieser Weise behandelt, liefert die sogenannten

Lehmestriche, die bei fleissiger Bearbeitung ausserordentlich hart werden und auch als sehr dauerhaft sich erwiesen haben; sie vertragen anhaltende Nässe und können von schwerbeladenen Wägen befahren werden, ohne dass die Räder ihre Spuren darauf hinterlassen.

2. **Kalkmörtel**; Geschichtliches: Des Kalkes wird in der Bibel vielfach Erwähnung gethan: im I. Buch Mosis, wo vom Thurmbau zu Babel die Rede ist, heisst es: „Lasset uns Ziegel streichen und brennen und nahmen Ziegel zu Stein und Thon zu Kalk.“ Hiernach scheint die Annahme gerechtfertigt, dass die Kenntniss des Kalkmörtels uralt sei; sonst aber ist vom Kalkmörtel selbst in der Bibel nirgends die Rede, wohl aber von der Kalktünche und vom Kalkbrennen[1]), wenn auch meist nur in symbolischer Weise, so spricht der Prophet Jesaias im Kap. XXXIII. 12 zornerfüllt: „Die Völker werden zu Kalk gebrannt werden, wie man abgehauene Dornen mit Feuer ansteckt.“

Zuverlässigere Mittheilungen geben hauptsächlich Vitruv, Plinius, Dioscorides, St. Augustinus, Palladius.

Vitruv hält den weissen Kalkstein, „besonders wenn er dicht und hart und mit Geflissenheit gebrannt ist und dabei ⅓ seines Gewichtes verloren hat, für gut zum Mauern, den löcherigen aber gut zur Verkleidung.“

Nach Plinius sind gefärbte Kalksteine und quarzige zum Kalkbrennen nicht zu gebrauchen; Kalk aber von gebrochenen Steinen sei besser als der von den Flussufern aufgelesene; dies stimmt ganz mit unseren Erfahrungen überein, denn gebrochene Kalksteine besitzen stets viel Bergfeuchtigkeit, die beim Brennprozess als Wasserdämpfe ausgetrieben, dazu beiträgt, die Kohlensäure leichter zu entbinden; „besonders gut, sagt Plinius weiter, ist der Kalk aus Mühlsteinen und zeigt sich derselbe ganz besonders fett, sehr wunderbar aber ist es, dass etwas schon Gebranntes sich im Wasser noch einmal erhitzt.“

Dioscorides Liber V. 133 beschreibt das Kalkbrennen aus Meermuscheln.

Nach Palladius wird Kalk aus harten weissen tiburnischen Steinen gebrannt; man nimmt aber auch taubenfarbige, oder Fluss- oder Schwammsteine (spongia) — am besten aber ist der Kalk aus Marmor; den aus porösen Steinen gebrannten Kalk nimmt man am liebsten zum Verputzen.

Das Löschen des Kalkes wurde in dreifacher Weise betrieben; für den Mörtel zum Mauern wurde der Kalk entweder in Wasser getaucht und zerfiel an der Luft (calx extincta), oder es wurde der gebrannte Kalk klein zerstossen mit dem Sande vermischt und mit Wasser übergossen; der Kalk jedoch, der zum Putzmörtel verwendet wurde, war ein zerlassener oder zerflossener Kalk (maceratio — ad albaria opera); „der

---

[1]) V. Buch Mosis Kap. VII. 2. Hesekiel Kap. XIII. 10—14, dann Kap. XXII. 28 Psalm 102. 15.

Putzmörtel, sagt Vitruv, geräth nur dann, wenn man die besten Kalksteine aussucht und sie lange Zeit, bevor sie gebraucht werden sollen, wässert, damit diejenigen darunter, welche im Ofen nicht hinlänglich gebrannt sind, durch das langwierige Wässern ausgähren und sich völlig auflösen, denn wenn der Kalk, bevor er ganz durchwässert ist, frisch gebraucht wird, so treibt er, nachdem er aufgetragen worden, Blasen, weil er verborgene Klumpen enthält, welche dann bei der Arbeit mit einmal durchwässert werden, sich auflösen und die Politur der Verkleidung verderben.“

Plinius giebt in bezug auf das Kalklöschen an, dass es nach den alten Gesetzen den Bauunternehmern verboten war, den gelöschten Kalk früher als nach 3 Jahren der Löschung zu verwenden, und dass dies die Ursache sei, warum ihr Putz nicht durch Sprünge und Risse entstellt worden sei.

Der Sand zur Mörtelbereitung ist nach Vitruv entweder Grubensand (fossitia) oder Fluss- oder Seesand; ersterer muss, wenn er gut sein soll, zwischen den Fingern gerieben knirschen, und darf auf ein weisses Tuch geworfen, dasselbe nicht schmutzig machen; nicht scharfer und erdiger Grubensand ist weniger empfehlenswerth. Der Grubensand wird von Vitruv fett, der Flusssand mager genannt, weil bei der Bereitung des Mörtels dem Grubensande nur $\frac{1}{4}$, dem Flusssande aber $\frac{1}{3}$ Kalk (calx extincta) zugesetzt werden muss; unsere Erfahrungen stimmen hiermit überein; aber nicht weil der Grubensand fett ist — eine Bezeichnung, die wir überhaupt beim Sande nicht kennen — bedarf er zur Mörtelbereitung weniger Kalk als der Flusssand, sondern weil seine einzelnen Körner sich in Flächen, beim Flusssande aber in Punkten berühren, und nur aus diesem Grunde bedarf der Flusssand bei der Mörtelbereitung mehr Kalkzuschlag; dass Grubensand ferner ein besseres Mauerwerk in bezug auf Festigkeit giebt, liegt mit in der Flächenadhäsion des Grubensandes, die jedenfalls grösser sein muss als die Adhäsion, die durch die abgerundeten Körner des Flusssandes nur in einzelnen Punkten sich geltend machen kann. In die Klasse des Grubensandes bringt Vitruv auch den Karbunkel, und hält diesen durch Titaneisen geschwärzten Sand seiner Farbe wegen für verkohlt von der Wirkung des unterirdischen Feuers.

Palladius unterscheidet dreierlei Arten Grubensand; der vorzüglichste ist der rothe, weniger gut ist der graue, und dann kommt in dritter Reihe der schwarze; hat man keinen Grubensand, so nimmt man wohl Fluss- oder Ufersand; der Meersand aber bleibt lange nass, man kann mit ihm nur in Zwischenräumen bauen, weil sonst das zu starke Sichsetzen des Gebäudes Gefahr für dessen Einsturz ergiebt; auch löst er durch seine salzige Feuchtigkeit den Bewurf von den Wänden ab, und es ist daher gut, — wenn man ihn gebrauchen muss — ihn zuvor in süssem Wasser einzuweichen, wo er dann durch die Waschung mit mildem Wasser seine

Salze verliert. Zur Mörtelbereitung nimmt man nach Palladius 1 Theil Kalk und 2 Theile Sand; ungemein gewinnt die Solidität der Bauten, wenn man beim Flusssand als dritten Theil gebrannte Mergelerde (testae cretae) hinzufügt.

Ueber die Erhärtung des Mörtels äussert sich Vitruv: „Gleich wie alle übrigen Körper, so sind auch die Kalksteine aus Urstoffen zusammengesetzt. Jeder Körper, welcher mehr Lufttheile hat, ist weich; mehr Wassertheile, zähe; mehr Erdtheile, hart; mehr Feuertheile, spröde; hieraus folgt, dass die Kalksteine, wenn sie — bevor sie gebrannt werden — klein gestossen und mit Sand vermischt zum Mauern verbraucht werden, weder fest werden noch binden; werden sie aber in den Ofen gebracht und bis zum Glühen erhitzt, so dass sie ihre Dichtigkeit verlieren und weite offene Löcher bekommen, sobald das Feuer ihre Kraft verzehrt hat, so nehmen sie, nachdem die in ihrem Körper befindlichen Wasser- und Lufttheile herausgebrannt und getrieben worden und somit eine Verborgene Wärme darin zurückgeblieben ist, ihre Kraft wieder an, wenn sie — bevor die Feuertheile verfliegen — in Wasser getaucht werden, und brausen dann mit den in ihre offenen Löcher eindringenden Wassertheilen, bis sie auf solche Art abgekühlt und vollkommen aller Wärme beraubt sind.“

„In jene Löcher nimmt nun der Kalk den beigemischten Sand auf, vereinigt sich damit und verbindet also, indem er trocknet, die Bausteine und bewirkt des Mauerwerks Festigkeit.“

Vitruv hat hier einen Prozess zu erklären gesucht, zu dem ihm der Schlüssel vollständig fehlte, der kluge Plinius, der was technische Fragen betrifft, häufig die vitruvischen Schriften wörtlich benutzt, hütet sich wohlweislich hier der Ansicht Vitruv's beizustimmen und beschränkt sich darauf, es wunderbar zu finden, dass etwas schon Gebranntes sich im Wasser nochmals erhitzt.

Eine wichtige Mittheilung aber verdanken wir unserem römischen Kriegsbaumeister, der freilich mehr geschrieben als gebaut zu haben scheint, in der Mittheilung eines Betons, der Jahrhunderte lang als Basis zur Bereitung von Grobmörtel für den Wasserbau gedient hat, und der aus 1 Theil Kalk, 2 Theilen Puzzolane (pulvis puteolanus), und 1 Theil Tuffsteinstücken (tophus) bestand; „diese Stoffe, die auf gleiche Weise durch die Heftigkeit des Feuers gebildet worden sind, vereinigen sich zusammengemischt schnell mittelst der Feuchtigkeit mit einander und werden so hart und fest, dass weder die Luft, noch des Wassers Gewalt sie zu trennen vermag.“

Plinius nennt diesen Beton Caementum cumanum von der Stadt Cumae in Kampanien, wo Puzzolane und Tuff in grossem Ueberfluss vorhanden war; eine Masse aber von Kalk, Sand und gebrannten Ziegelsteinbrocken hiess opus signinum — signinisches Werk, von Signia,

einer Stadt in Latium, und hierfür giebt Vitruv folgende Mischung an: 2 Thl. strengen Kalk, 5 Thl. reinen scharfen Sand untermischt mit zerklopften Kieseln, von denen aber keiner mehr als 1 Pfund wiegen darf. Das signinische Werk diente hauptsächlich dem Cisternenbau. Vitruv erwähnt in seinen Schriften auch eines Oelkittes zum Verkitten von Fugen bei Wasserbehältern, um diese zu dichten (implanatur calce ex oleo subacta).

Eine sehr künstliche Komposition war die „Maltha“ der Römer, welche nur auf Oelgrund haftete, aber wie Plinius uns mittheilt, härter als Stein wurde. Sie bestand aus frisch gebranntem Kalk, in Wein gelöscht; dieser wurde mit Schweineschmalz und Feigen so lange geschlagen, bis er vollkommen geschmeidig war; die Masse übertrifft an Härte und Dauerhaftigkeit den Stein; was aber gekittet werden soll, muss vorher mit Oel bestrichen werden. (Maltha e calce fit recenti, gleba vino restinguitur; mox tunditur cum apide suillio et ficu, duplice lenimento[1]); quae res omnium tenacissima et duritiam lapidis antecedens. Quod malthatur oleo perfricatur ante. Plinius liber XXXVI. cap. 14.)

Obgleich dies von Plinius gegebene Rezept wenig Vertrauen erweckend erscheint, so haben angestellte Versuche doch ergeben, dass bei der Nachbildung der Maltha überraschende Resultate zu erzielen sind; die hergestellten Kompositionen sind nicht allein ungemein fest, sondern nehmen auch eine schöne Politur an, auch haben sie mehr als halbjährigen Wasserproben widerstanden. Die Maltha an und für sich von schöner marmorweisser Farbe, lässt sich beliebig färben und kann 4—5 mm. dick auf andere poröse Steine (Kalktuff) aufgetragen werden. Jedenfalls möchte ein dreifacher Prozess bei der Erhärtung der Maltha sich nachweisen lassen: Bildung einer im Wasser unlöslichen Kalkseife, Bildung von kohlensaurem Kalk, Bildung von Eiweisskitt; die Versuche über die vortheilhafteste Erzeugung dieser Maltha der Römer sind noch nicht abgeschlossen, und werden weitere Mittheilungen darüber seiner Zeit erfolgen.

Palladius in seinem Buche de re rustica liber I. Cap. 17 erwähnt des Cisternenbaues mittelst des signinischen Werkes. Auf einer festgeschlagenen Steinschüttung (rudus) wird der Ziegelestrich aufgetragen und mit aller Sorgfalt so lange gerieben und geglättet, bis ein vollständiger Glanz sich ergiebt, dann wird die Oberfläche mit ausgelassenem Speck überstrichen; wenn aber der so behandelte Ziegelestrich in irgend einer Weise beschädigt wird, so wendet man, um dem Wasser den Ausgang zu wehren, eine Art Maltha an, die man auch dazu braucht, um Steine dicht zu machen, die sonst Wasser durchsickern lassen. Hierzu nimmt man eine beliebige Quantität Theer (pix liquida), und ebenso viel Fettstoff (unguis) („was man Wagenschmiere oder Unschlitt nennt“, sagt unser Autor) mischt beides

---

[1]) Variatio lect. duplice linamento — auch duplice lineamento.

in einem Topf und kocht es, bis es schäumt, sodann setzt man es vom Feuer weg; ist die Mischung dann im Abkühlen begriffen, so fügt man Kalk im verkleinerten Zustande hinzu, so dass die Masse eine durchaus gleichmässige wird. Hat man diese Schmiere (strigmentum) zusammengemacht, so streicht man damit die schadhaften und durchsickernden Stellen zu und presst und stampft die Masse so fest, wie nur immer möglich.

Liber I. Cap. 41 giebt Palladius Anweisung über Anfertigung von verschiedenen Kitten und unterscheidet zwei Hauptklassen, die maltha calidaria und die maltha frigidaria für warme und kalte Bäder.

Einige dieser Angaben mögen hier Erwähnung finden, da es jedenfalls interessant ist zu erfahren, dass fast alle unsere gegenwärtig in Gebrauch sich befindenden Kitte von Alters her schon bekannt waren.

1. Man nehme Kolophonium (picem duram) und weisses Wachs zu gleichen Theilen, Werg und Theer zur Hälfte des Gewichts, Ziegelsteinpulver (testam minutam) und vorzüglich guten Kalk (flos calcis) die Masse wird in einem eisernen Gefäss zerlassen und tüchtig durchgearbeitet.
2. Zerlassenes Ammoniak (gummi ammoniacum), Feigen, Werg und Theer werden mit einem Stössel tüchtig gestossen und dadurch geschmeidig gemacht.
3. Zum Ausgiessen der Fugen nehme man gummi ammoniacum und Schwefel.
4. Kolophonium, weisses Wachs und gummi ammoniacum werden zerlassen, in die Fugen gestrichen und mit einem Brenneisen übergangen.
5. Man mische vorzüglich guten Kalk und Oel; wobei man aber mit dem Zulassen von Wasser bis zum vollständigen Erhärten zu warten hat.
6. Ochsenblut, Oel und Kalk von vorzüglicher Qualität menge man auf's Innigste mit einander; auch genügt eine innige Mischung von Ochsenblut und Kalk allein.
7. Zum Verstreichen von Fugen zerstosse man Feigen, Kolophonium und trockene Muschelschalen.
8. Auch verflossener Talg mit gesiebter Asche innig vermengt, wird als sehr guter Kitt bezeichnet.

Aus der ersten Periode der christlichen Zeitrechnung finden wir in St. Augustin's Werken, im XXI. Buche Cap. 4 der „Stadt Gottes“ eine Mittheilung über den Kalk, die im ersten Augenblicke erkennen lässt, dass sie der Kenntniss unserer schon mehrfach erwähnten römischen Klassiker entnommen ist, aber sie trägt einen nicht zu verkennenden poetischen Charakter: „Deshalb — sagt er — nennen wir den Kalk lebendig (calx viva), als ob das in ihm verborgene Feuer die unsichtbare Seele eines sichtbaren Körpers wäre; wie wunderbar aber ist es, dass er

sich entzündet, wenn er gelöscht wird; damit er nämlich sein verborgenes Feuer abgäbe, wird er in Wasser getaucht oder damit begossen, und aus seinem kalten Zustande wird er gerade dadurch in einen heissen versetzt, wodurch sonst alles Heisse abgekühlt wird. Stirbt somit der Körper gleichsam, so giebt sich das ihn verlassende Feuer kund, und er wird dann gleichsam so todt kalt, dass er sich beim Hinzugiessen von Wasser nicht mehr entzündet, und was wir früher lebendigen Kalk nannten, nennen wir jetzt gelöschten Kalk. Was möchte noch zu diesem Wunder hinzugefügt werden können? Dem Anscheine nach Nichts, und dennoch giebt es hier noch ein weiteres Wunder! Wenn man nämlich statt des Wassers Oel verwendet, diese eigentliche Nahrung des Feuers, so erhitzt sich der Kalk nicht, mag man ihn ganz eintauchen oder damit begiessen."

Das Mittelalter bringt uns über die Behandlung des Mörtels nichts Positives; die vielfach auf uns gekommenen Sagen, man habe bei diesem oder jenem Dombaue den Mörtel mit Wein, Meth oder auch wohl mit Oel zubereitet, entbehren jedes authentischen Nachweises; immerhin bleibt es sehr zu bedauern, dass wir durch die pedantische Geheimnisskrämerei der mittelalterlichen Bauhütten um äusserst interessante Mittheilungen, an denen jene so bedeutende Bauepoche doch sicherlich überreich gewesen sein muss, gekommen sind.

In der Mitte des 15. Jahrhunderts werden wir durch den Begründer der Renaissance, Leon Battista Alberti wieder mit den Schriften der lateinischen Klassiker bekannt gemacht und seit jener Zeit bildete fast ausschliesslich Vitruv die Grundlage aller architektonischen Anschauungen.

Der Tuffstein der Eifel — auch Duckstein genannt — wurde im Mittelalter vorherrschend als Baustein verwendet; erst im Jahre 1682 soll ein Holländer van Santen am Rhein eine Mühle erbaut haben, um den dortigen Tuffstein zu Pulver zu vermahlen; von dieser Zeit ab datirt mit Sicherheit die Benützung des Trass zu Wassermörtel; den gepulverten Tuffstein nannten die Holländer Tyrass (gleichbedeutend mit Kitt).

Auch der berühmte Militair- und Wasserbaumeister Ingenieur-Obrist Belidor beruft sich auf Vitruv in seiner, in 3 grossen Foliobänden in Paris 1737 herausgegebenen Architectura hydraulica. Das III. Buch enthält in seinem X. Kapitel, 2. Abtheilung eine Abhandlung über Betonarbeiten, in der es unter Anderem heisst: „Vitruv — indem er den Beton bespricht — sagt, dass er aus 2 Thl. Puzzolane und 1 Thl. Kalk bestehe; er versteht darunter ohne Zweifel, dass der Kalk ungelöscht gemessen wird, damit, wenn man ihn zu gleicher Zeit löscht, da man den Mörtel macht, durch das erfolgende Aufbrausen sich ein grösserer Theil des in den Bruchsteinen und der angewandten Puzzolane enthaltenen Salzes losmachen kann." Belidor schildert dann die Ausführung von Betonwerken und erwähnt eines Ingenieurs Milet de Mouville, nach dessen reichen Erfahrungen und guten Grundsätzen er selbst gebaut habe. Weiter heisst es: „Nach der

Wahl eines geebneten Platzes nimmt man 12 Thl. Puzzolane, Trass (terrasse de Hollande), oder Asche von Tournay, in denen man einen runden Rand von 5 bis 6 Fuss Durchmesser formirt; 6 Thl. gut gekörnter nicht erdiger Sand wird darauf gleichmässig vertheilt. Man füllt nun das Innere dieses Kreises mit 9 Thl. ungelöschtem gutem Kalk, und damit letzterer sich schneller lösche, zerschlägt man ihn zuvor mit eisernen Fäusteln. Das Löschen geschieht, indem man nach und nach Wasser (bei Meerbauten Meerwasser) hinzugiesst und mit Kalkkrücken umarbeitet; ist ein Teig entstanden, vermengt man die Puzzolane und den Sand damit. Ist dann das Ganze gut vermischt, so bringt man 13 Thl. Bruchsteine und 3 Thl. gestossenen Hammerschlag, wenn man solchen haben kann, hinzu, oder man begnügt sich mit 16 Thl. Bruchsteinen allein; man kann übrigens auch Kieselsteine, die jedoch die Grösse von Hühnereiern nicht überschreiten dürfen, verwenden. Nach vollständig erfolgter Mischung durch Umschaufeln und Umarbeiten, das eine Stunde in Anspruch nimmt, macht man aus der Masse verschiedene Haufen, und lässt sie in der warmen Sommerzeit 24 Stunden lang, im Winter wohl 3 bis 4 Tage liegen, damit sie kompakt werden; sie müssen während dieser Zeit durch Ueberdeckung gegen den Regen geschützt sein. Sind die Haufen so fest geworden, dass man eine Hacke brauchen muss, um sie wegzunehmen, so ist die Betonmasse zur Anwendung zu benutzen."

Belidor giebt nun an, dass, wenn diese Masse in's Meer versenkt wird, sie sich erweicht, die herabgelassenen Steine gut in sich aufnimmt und dann aber in 3—4 Monaten vollständig erhärtet und mit dem Alter an Festigkeit zunimmt. „Ist die Baustelle sehr tief, wird die Betonmasse in hölzernen Kästen herabgelassen, denn sonst würde aller Kalkgeist sich in Milch verwandeln (tant l'esprit de la chaux se convertirait en lait)."

Belidor fährt fort: „Durch das Gesagte sieht man, dass dies Mauerwerk als nach den besten Regeln der Kunst gebildet angesehen werden kann; es ist aus sehr kleinen Materialien zusammengesetzt, die dem Beton viel Oberfläche bieten, und es macht sich davon eine grössere Menge Salz zum Zwecke des Zusammenwachsens und des Erhärtens los (il s'en detache une plus grande quantité de sels propres à la concretion)."

Belidor ahnte in der Erhärtung des Betons einen chemischen Prozess und stellte eine haltlose Hypothese auf; erst dem Engländer John Smeaton gelang es, die ersten wissenschaftlichen Forschungen über das chemische Verhalten der Mörtelarten zu machen; er löste nämlich verschiedene Kalksteine in verdünnter Salpetersäure auf und fand bei einigen eine unlösliche graue Masse als Rückstand, die von der Flüssigkeit sich absonderte und sich wie Thon kneten liess, die er dann auch als Thon erkannte; durch diese Versuche stellte Smeaton den Satz auf[1]), dass alle Kalke, welche

[1]) John Smeaton: A narrative of the building and a description of the Edystone Lighthouse etc. II. edit. London 1793.

thonigen Rückstand nach der Auflösung in Säuren hinterlassen, gebrannt, unter Wasser erhärten, während alle Kalksteine, welche nach der Auflösung in Salpetersäure keinen Rückstand hinterlassen, zum Wassermörtel nichts taugen.

Smeaton war auch der Erste, der künstliche Cemente auf Grund wissenschaftlicher Experimente konstruirte, und wurden seine Erfahrungen später unter dem Titel: Directions for preparing, making and using Puzzolana Mortar, in den Reports of the late John Smeaton London 1812. 4. Vol. III. pag. 414 veröffentlicht. Im Jahre 1796 fällt die Erfindung des Roman-Cementes durch James Parker und 1824 die des Portland-Cementes durch Joseph Aspdin, einen gewöhnlichen Maurer, der freilich auf rein empirischem Wege zu seinem Fabrikate gekommen ist.

Von praktischem Interesse sind die Experimente des englischen Generalmajors Sir C. W. Pasley, der als der Begründer der rationellen Portland-Cement-Fabrikation betrachtet werden kann; durch ihn wurde die Fabrikation dieses wichtigen Bindematerials eine wohlfeilere, und er war es, der die Wissenschaft durch sehr viele Versuche über die Festigkeit der Cemente, die er auf's Gewissenhafteste leitete, bereicherte. Pasley hatte bei allen diesen Versuchen, die er durch eine Reihe von 20 Jahren anstellte, kein anderes Interesse als die Wahrheit und konnte kein anderes haben, da er nicht für Gewinn arbeitete, sondern rein im Interesse der Wissenschaft. Nach Smeaton waren es aber John in Berlin, Vicat und Berthier in Frankreich, die die umfassendsten Untersuchungen über die Erhärtung der verschiedenen Mörtelarten anstellten, aber erst im Jahre 1828 begann eine neue Aera auf diesem Gebiete durch den Akademiker Fuchs in München, der die erste wissenschaftliche Theorie der Wirkung hydraulischer Kalke aufstellte, und somit die Wege zeigte, hydraulische Kalke von bestimmter und verlässiger Wirkung auf kürzestem und sicherstem Wege zu erhalten; Fuchs hat durch seine Harlemer Preisschrift: „Ueber die Eigenschaften, Bestandtheile und chemischen Verbindungen des hydraulischen Mörtels" (Dingler's Journal XLIX., Seite 217) bewirkt, dass der Cement, dessen Zubereitung früher Geheimniss weniger Fabrikanten war, sich gegenwärtig überall aus verschiedenem Material darstellen lässt.

Weitere sehr werthvolle Forschungen verdanken wir den Bestrebungen von Pettenkofer, Kuhlmann, Winkler, Feichtinger, Manger, Bleibtreu, Ziurek, Schulatschenko, W. Michaelis, Fr. Schott u. A., die alle darauf hinarbeiteten, in den äusserst komplizirten Prozess der Cemente die grösstmöglichste Klarheit zu bringen, durch diese wissenschaftlichen Bestrebungen wurden denn auch in Deutschland in kürzester Zeit Resultate erzielt, die selbst den Engländern Achtung einflössten und sie erkennen liessen, welch' ein wichtiges Moment zum Fortschritt die wissenschaftliche Ausbildung ist.

Als wirksamstes Bindemittel aller Arten natürlicher und künstlicher Steine kennen wir den Kalkstein, der gebrannt, in Wasser gelöscht, in Brei verwandelt und durch Zugabe von scharfem reinem Sand zu Mörtel umgestaltet wird; betrachten wir alle diese Manipulationen gesondert und beginnen wir mit dem

Brennen des Kalkes.

Alle Verbindungen der kohlensauren Kalkerde vom gemeinsten Kalkstein an bis zum reinsten karrarischen Marmor können in Kalk verwandelt werden, wenn man sie einige Zeit einer starken Glühhitze aussetzt; dieser Prozess heisst das Kalkbrennen.

Im allgemeinen unterscheidet man bei der Kalkbrennerei: Steinkalk, Lesekalk, Mergelkalk und Muschelkalk. Den Steinkalk liefern die Steinbrüche in Bruchstücken der verschiedensten Grösse; Lesekalk wird als Geschiebe oder Gerölle unter anderen Gesteinen in den Niederungen solcher Flüsse gesammelt, die den Kalksteingebirgen entströmen; Mergelkalk findet sich in erdigen Massen, muss meist eingesumpft, in Formen gestrichen und getrocknet werden, um so in den Ofen gesetzt werden zu können; Muschelkalk liefert der Meeresstrand.

Für chemische Zwecke brennt man wohl den karrarischen Marmor oder Kalkspathkrystalle; diese liefern reinen Kalk (Kalkerde, Calciumoxyd), die einzige chemische Verbindung des Calciums mit Sauerstoff, bestehend aus 100 Th. Calcium und 39,86 Th. Sauerstoff. Die übrigen Gesteine, aus denen man Kalk brennt, enthalten stets noch fremde Beimengungen, welche die Brauchbarkeit des Kalks in hohem Grade beeinträchtigen. Dies gilt besonders für den Gehalt der Gesteine an Thon (kieselsaure Thonerde) und Sand, während ein Gehalt an Eisen, Mangan, Magnesia und Bitumen weniger in Betracht kommt.

Der reine kohlensaure Kalk besteht aus 43,7 Theilen Kohlensäure und 56,3 Theilen Kalk, nebst einem unbestimmten Antheil von Wasser; wird der reine Kalkstein unter Zutritt von Luft erhitzt, so wird zunächst das Wasser ausgetrieben und dann verliert er seine Kohlensäure; die ersten Antheile derselben verflüchten sich ziemlich leicht, und bedarf dies einer hellen Rothglühhitze; das vollständige Austreiben der Kohlensäure aber ist nur zu erzielen durch Weissglut, wobei ein kräftiger Zug förderlich mitzuwirken im Stande ist. Reiner kohlensaurer Kalk ist selbst im Knallgebläse unschmelzbar und verändert sich auch bei der höchsten Temperatur nicht. Ist der Kalkstein jedoch, was meistens der Fall ist, durch andere Stoffe verunreinigt, so werden beim Brennprozess nach Abtreibung des Wassers, die organischen Stoffe (Kohlen, Bitumen) verbrannt, etwa vorhandenes Eisen- und Manganoxydul werden höher oxydirt, Magnesia und Kalk verlieren ihre Kohlensäure und der nun ätzend gewordene Kalk verbindet sich, wenn die Temperatur hoch genug ist, mit der vorhandenen

Kieselsäure, oder wirkt zersetzend auf die kieselsaure Thonerde und bildet mit dieser ein Doppelsilikat, welches zusammensintert und bei noch stärkerer Hitze schmilzt; ein solcher Kalk löscht sich beim Uebergiessen mit Wasser nicht mehr, er ist todtgebrannt. Lässt sich dies auch durch sorgfältige Regelung der Temperatur vermeiden, so besitzen doch alle fremden Beimengungen nicht die Eigenschaften, wegen welcher man den Kalk anwendet, und es wird mithin stets jenes Gestein den Vorzug verdienen, welches den grössten Kalkgehalt besitzt. Dagegen liefern Gesteine mit einem gewissen Gehalt an Kieselsäure, Thonerde und Alkalien den Cement und werden deshalb besonders geschätzt.

Will man die Brauchbarkeit eines Gesteins zum Kalkbrennen prüfen, so thut man am besten, mehrere kleine Stücke davon in einem irdenen Tiegel einer lebhaften Rothglühhitze auszusetzen, den erhaltenen Aetzkalk zu löschen und an dem dabei stattfindenden Gedeihen, Hitzeentwickelung und Breibildung, seine grössere oder mindere Brauchbarkeit zu beurtheilen. Anderenfalls löst man 3—4 g von dem zu prüfenden Kalk mit verdünnter erwärmter Salpetersäure auf, hierbei werden gut verwendbare Kalksteine nur einen geringen Rückstand hinterlassen. Wird dann die Lösung eingedampft, der Rückstand auf 180° C. erhitzt und bei 100° C. mit einer gesättigten Lösung von salpetersaurem Ammoniak behandelt, so bleibt das unlösliche Eisenoxyd zurück. Aus der ammoniakalischen Lösung fällt man durch Oxalsäure erst die Kalkerde und die Magnesia durch phosphorsaures Natron. Ergiebt sich hierbei ein geringer Eisen- und Magnesiagehalt, so hat man es mit einem brauchbaren, im anderen Falle mit einem unbrauchbaren Gestein zu thun.

Am einfachsten kann man auch wohl aus dem ungebrannten Stein den Kalk mit verdünnter Salzsäure ausziehen und den unlöslichen Rückstand sammeln, auswaschen und wägen. Eisen, Mangan, Magnesia und Alkalien gehen hierbei freilich in Lösung, aber diese kommen hierbei wenig in Betracht, wenn sie nicht in so grosser Menge vorhanden sind, dass schon der Augenschein die Unbrauchbarkeit des Gesteins zeigt; wenn man in der erhaltenen Lösung den Kalkgehalt bestimmen will, so braucht man einen abgemessenen Theil derselben nur mit Ammoniak zu übersättigen, von dem gefällten Eisenoxyd und Thonerde abzufiltriren und den Kalk mit oxalsaurem Ammoniak zu fällen. Den Niederschlag filtrirt man dann ab, wäscht ihn gut aus, trocknet, glüht und wägt ihn, und man erfährt dann genau den Inhalt des Gesteins an kohlensaurem Kalk.

Der gebrannte Kalk wird seiner ätzenden und zerstörenden Eigenschaft organischen Körpern gegenüber auch wohl Aetzkalk genannt; hin und wieder nennt man ihn auch wohl lebendigen oder ungelöschten Kalk.

Der rohe Kalkstein soll so vollständig als möglich gebrannt werden, weil er nur hierdurch seinen ganzen Gehalt an Kohlensäure verliert, und

dadurch vollkommen löschbar und dann kräftig bindend wird. Entweicht die Kohlensäure nicht vollständig, so entsteht ein Stein, der von Fuchs halbkohlensaurer Kalk genannt und von ihm als eigenthümliches Gestein betrachtet wird, weil bei ihm das Wasser eine Erhärtung statt des Zerfallens in Staub bewirkt, auch eine wiederholte Erhitzung die noch vorhandene Kohlensäure nur äusserst schwer vertreibt, nichtsdestoweniger nach wiederholtem Brande das Wasser die gewünschte und zur weiteren Behandlung des Kalks nothwendige Einwirkung, ihn zum Zerfallen zu bringen, nicht bekommt. Endlich wird ein gehöriges Durchbrennen des Kalksteins verhindert, wenn er in zu grossen Stücken in den Ofen kommt, in diesem Falle bleibt oft im Innern des Steines kohlensaurer Kalk zurück. In neuerer Zeit hat man zu beobachten Gelegenheit gehabt, dass Kalksteine, welche unmittelbar aus dem Bruch kommen und die Grubenfeuchtigkeit noch besitzen, sich leichter brennen, d. h. ihre Kohlensäure schneller abgeben, als bereits ausgetrocknete; man schliesst hieraus, dass die Entwickelung von Wasserdämpfen den Prozess des Kalkbrennens begünstige, und möchte ein künstliches Einwirken von Wasserdämpfen während des Brandes weitere günstige Resultate voraussetzen lassen; man kann wohl, um einigermassen diesen Zweck zu erreichen, die Aschenfälle der Oefen so einrichten, dass sie Wasser in sich aufnehmen können, das dann theils durch die Gluth des Feuers, theils durch die hineinfallende glühende Asche in Dampf zersetzt wird und vom Zuge in den Ofen geführt wird.

Dass Brennen des Kalksteins, bei dem man besonders auf Ersparniss an Zeit und Kosten zu sehen hat, geschieht entweder in Feldöfen, Gruben oder Meilern oder in ständigen, zu diesem Zweck angelegten Oefen.

Das Brennen in Gruben oder Meilern ist dann angezeigt, wenn einestheils der Kalkbedarf nur ein temporärer und anderntheils Brennmaterial zur Genüge vorhanden ist; man macht dann in eine Erdabdachung einen viereckigen Einschnitt von 1,25—1,50 m. Länge und Breite und 2,50 bis 3,00 m. Tiefe und überzieht die inneren Wandungen mit Lehm oder setzt sie auch wohl mit feuerfesten Ziegeln aus. In dieser Grube werden die Kalksteine in der Weise aufgesetzt, dass durch grössere Steine im unteren Theile ein freier 0,30—0,60 m. breiter und hoher Raum nach der ganzen Tiefe gebildet und oben durch gewölbartig zusammengesetzte Kalksteine geschlossen wird; über diesen werden dann kleinere in der Grösse von 9—18 cm. so aufgeschichtet, dass die Flamme frei durchspielen kann. In dem erwähnten Raum wird die Feuerung mit Holz anfangs gelinde, dann stärker, 3—4 Tage beständig unterhalten, bis der Kalk gar gebrannt ist.

Im bayerischen Oberlande und Tyrol benutzt man mässig hohe Hügel zur Anlage von Meilern und gräbt in sie eine Vertiefung von nahezu

5,45 m. im Durchmesser und setzt sie mit grösseren Kalksteinen aus. Auf dem Boden dieser Grube wird ein Gewölbe für den Heizraum in vorher erwähnter Weise ausgeführt, welches bis auf eine Oeffnung zur Anlage der Schürgasse, die ebenfalls überwölbt und bis zur Aussenseite des Hügels reicht, zuzusetzen ist. Hierauf werden die Kalksteine kegelförmig aufgeschüttet und mit einer Erdschichte einige Zoll hoch bedeckt. Eine zur Seite angebrachte Schutzwand dient dazu, entstehende Windströmungen, die den Brand stören könnten, unschädlich zu machen.

Dienen Steinkohlen, besonders Steinkohlengriess als Brennmaterial, so werden die Meiler als kegelförmige Haufen, in abwechselnden Schichten von Kohlen und Kalksteinen gebildet, welche an der Basis 4,5 m. und an der Spitze 2,70 m. im Durchmesser haben, unterhalb dieses Meilers ist ein Kanal zum Anheizen angebracht. Sobald der Aufbau fertig ist, bekleidet man ihn äusserlich mit einer Lage von feuchtem Lehm; so lange der Ofen im Brande ist, schützt man ihn gegen die Windseite mit aufgestellten Strohmatten; Meiler wie diese werden in Belgien vielfach gebaut; ein solcher an den Ufern der Sambre fasste 43,3 Kbm. Kalksteine und lieferte 29,08 Kbm. Kalk und 1,6 Kbm. Kalkstaub; er verbrauchte 7,9 Kbm. Kohlenklein; sein Aufbau erforderte 8 Arbeiter auf 4 Tage oder 32 Arbeitstage, und von dem Augenblick seines Anfeuerns bis wo man den Kalk ziehen kann, muss man 5—6 Tage verstreichen lassen.

Bei grossem fabrikmässigem Betriebe reichen Meiler und Gruben nicht aus, und man brennt dann den Kalk in eigens dazu konstruirten Oefen, die von Ziegelsteinen oder von Bruchsteinen mit Hülfe von feuerfesten Ziegeln erbaut sind.

Die Ofenkonstruktionen richten sich theils nach dem zu verwendenden Brennmaterial, theils nach der Menge des zu brennenden Kalkes, theils nach den Zeiträumen, welche man für die einzelnen Brände bestimmt.

Die Oefen, in welchen man Torf und Steinkohle brennt, müssen mit Rost und Aschenfall versehen sein.

Im allgemeinen unterscheidet man liegende und stehende Kalköfen; die ersteren eignen sich meistens nur zum periodischen Brennen, die letzteren aber können so eingerichtet werden, dass man den Brand unter fortwährender Aufgabe von Kalk ununterbrochen fortsetzen kann, demnach zerfallen die stehenden Oefen in zwei Klassen, in periodische und kontinuirliche Brennöfen.

Liegende Kalköfen haben im Grundriss länglich viereckige Gestalt und im Verhältniss ihrer Breite (3,9 m.) und ihrer Länge (5,4 m.) nur unbedeutende Höhe (3,3 m.); vortheilhaft ist es, zwei solche Räume nebeneinander zu legen; sie sind mit flachem Gewölbe überspannt, in welchem sich gleichmässig vertheilt eine Anzahl Zuglöcher befinden, die man beliebig mit Thonplatten theilweise und abwechselnd schliessen und öffnen kann, wodurch mit Veränderung des Luftzuges das Feuer im ganzen Ofen

nach Bedarf regulirt werden kann. Oberhalb des flachen Gewölbes befindet sich ein zweites in Halbkreisform, mit einem Schornstein versehen, zum Abführen des Rauches und der Dämpfe; vor den Oefen befindet sich eine gemeinschaftliche Schürkammer; jeder Ofen besitzt 3 Schüröffnungen, mit Rosten und Aschenfall versehen; diesen gegenüber ist ein Zugang angebracht zum Einbringen des rohen Kalksteins, der während des Brandes mit Backsteinen zugemauert ist, und nach vollendetem Brande aber wieder aufgebrochen wird, um den garen Kalk herauszunehmen und unmittelbar in die Packkammer zu bringen. Vor dem Einbringen der Kalksteine werden

Fig. 323.

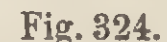


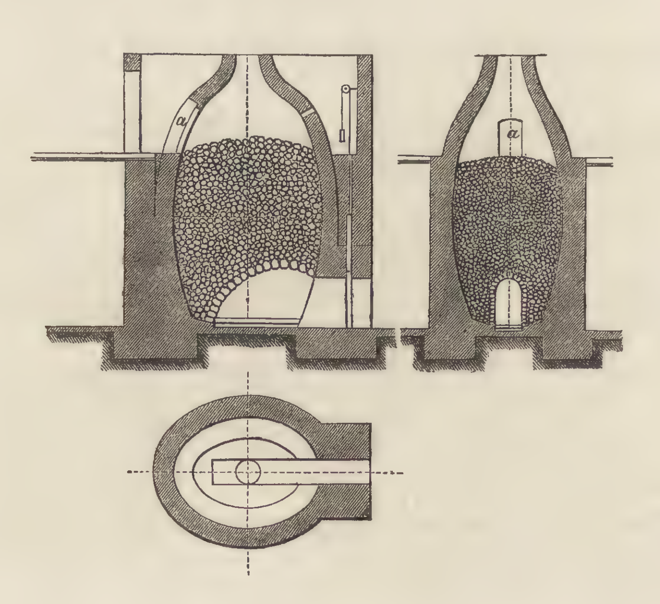
anschliessend an die Schüröffnungen durch die Tiefe des ganzen Ofens kleine Gewölbe von Steinkalk aufgesetzt, und dann der weitere Ofenraum durch die seitwärts angebrachten Oeffnungen gefüllt, die nach der Füllung

ebenfalls zugemauert werden müssen; die innere Bekleidung des Ofens und die Feuerkanäle sind aus feuerfesten Backsteinen hergestellt.

Beim Beginn des Brandes ist vorsichtig zu verfahren; durch schwaches Feuern (Schmauchfeuer) werden die Kalksteine langsam erhitzt, wobei das mechanisch gebundene Wasser verdampft; zu schnelle Hitze verwandelt dies Wasser in stark gespannte Dämpfe, welche die Kalksteine, aus denen die Schürgassen zusammengesetzt sind, zersprengen und den weiteren Brand unmöglich machen würden. Sind die Dämpfe entfernt, was leicht an der Farbe des abziehenden Rauches erkannt werden kann, wird die Hitze nach und nach gesteigert bis zur hellen Weissglut, die nothwendig ist, um den Kalkstein ganz aus seiner Verbindung mit der Kohlensäure zu bringen. Die Farbe der Flamme, die zu den Gewölbelöchern herausschlägt, ist anfangs dunkelroth, verwandelt sich aber nach und nach in roth, violett, blau und endlich fast in weiss; die Weissglut wird je nach der Beschaffenheit der Steine längere oder kürzere Zeit unterhalten, dann wird das Feuer vermindert, und lässt man den Ofen langsam erkalten, indem die Schürlöcher zugestellt werden, und dadurch der Zug im Ofen aufgehoben wird. Die Dauer des Brandes in diesem Ofen, der in Fig. 323 in seinem Grundriss, Längen- und Querschnitt dargestellt ist, währt 36 bis 40 Stunden.

Die in und um München üblichen Kalköfen sind stehende und für periodischen Brand eingerichtet; die nachstehende Figur 324 stellt einen

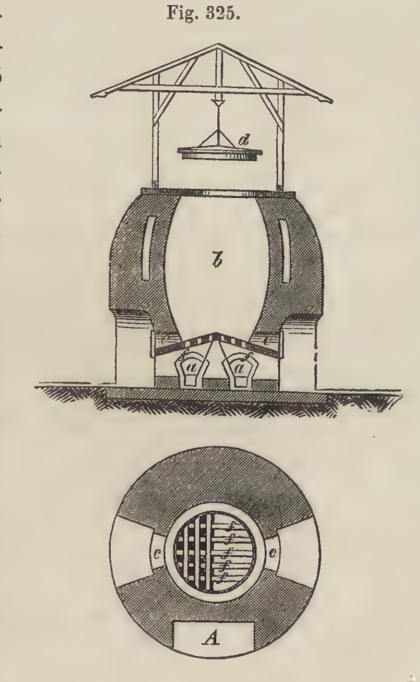

Fig. 324.



solchen im Grundriss und den nöthigen Durchschnitten dar; die elliptische Form des Grundrisses misst in ihrer grössten Weite in der grossen Axe 4,75 m., in der kleinen Axe 3,6 m.; die Höhe des birnenförmigen Ofenschachtes beträgt 8,40 m. Wenn diese Oefen beschickt werden, so beginnt man mit Herstellung eines spitzbogenartigen Gewölbes aus Steinkalk, das hinreichend Zwischenräume lässt, um dem Feuer Durchgang zu verstatten; unter dieses Gewölbe kommt das Brennmaterial zu liegen (bei diesen Oefen Holz), welches man von der Schüröffnung einträgt; über dem Gewölbe werden die zu brennenden Kalksteine, Lesesteine, durch die Oeffnung a eingebracht, bis sie dieselbe erreicht haben, wobei sie in Bogenform aufgehäuft werden; gegen die Wandungen des Ofens werden wohl starke Holzstangen mit eingestellt, die verbrannt, dann eine Art Zugkanäle bilden; vor der Einschür befindet sich eine eiserne Schiebeplatte, um den Zug im Ofen reguliren zu können. Die Oeffnung a wird während des Brandes zugemauert, wobei man einige mit Thonstöpsel verschliessbare Löcher anlegt, durch die man den Brand beobachten kann.

Ein solcher Ofen fasst 45 Muth Kalk oder 889,44 Liter (die Muth, bayrisches Kalkmass, enthält 4 bayer. Scheffel, 1 Scheffel = 222,36 Liter); die Dauer des Brandes beträgt 4 . 24 Stunden, und der Holzbedarf per Muth nahezu 1 Stere Fichtenholz; so dass ein Brand 10 Stere Holz in Anspruch nimmt.

Fig. 325.



Ein äusserst zweckmässig konstruirter Kalkofen nach der Konstruktion des Baumeister Fink ist in Fig. 325 dargestellt. aa sind zwei mit Aschenfall versehene Feuerungen, welche von der Seite A aus mit dem Brennmaterial beschickt werden, b ist der eiförmig runde Ofenraum, cc die Abzugsöffnungen, d ein Deckel von Eisenblech, in Ketten hängend, so dass er auf und nieder gelassen werden kann. Ueber den Feuerkanälen aa sind 0,30 m. dicke, 18 cm. von einander abstehende Gurten ff von feuerfesten Backsteinen gesprengt, die oben nach den beiden schiefen Ebenen der Ofensohle ausgeglichen sind und einen Backsteinrost herstellen; die Backsteine sind auf die lange schmale Seite so aufgestellt, dass sie Oeffnungen für den Durchgang des Feuers belassen. Bei Anwendung dieses schrägen Back-

steinrostes ist es nicht mehr nöthig, aus ungebrannten grösseren Kalksteinen über den Feuerkanälen Gewölbe zu setzen, sondern es werden die Kalksteine einfach bis etwa ⅓ der Höhe in horizontalen Schichten eingelegt, wodurch die Arbeit bedeutend erleichtert wird. Die oberen ⅔ des Ofenraums werden durch Einschütten der Steine von der Gicht aus angefüllt. Jeder Brand dauert durchschnittlich 4 Tage und 4 Nächte. Wenn 3 Tage und 3 Nächte gefeuert ist, wird der Deckel d herabgelassen, jedoch nicht aufgesetzt, sondern auf untergelegte Backsteine gestellt. Wenn das Feuer aber eingestellt ist, wird der Deckel ganz niedergelassen und mit Sand gedichtet; so bleibt der Ofen 3 bis 4 Tage stehen. Das Ausziehen des Kalkes geschieht durch die unteren Abzugsöffnungen c c. Versuche, welche mit diesem Ofen zum kontinuirlichen Betriebe gemacht wurden, ergaben kein günstiges Resultat, weil seine breite Sohle das Abziehen des gebrannten Kalkes schwierig machte und oft veranlasste, dass ungebrannte Kalkstücke von den zunächst den Abzuglöchern gelegenen höheren Schichten ausgezogen wurden. Vortheilhaft ist es, den Ofen sofort zu füllen, nachdem er entleert wurde, damit er nicht vollständig erkalten kann.

Aeusserst vortheilhaft hat sich zum periodischen Brennen des Kalkes nebenstehender Ofen (Fig. 326) bewiesen; auch hier braucht der Brennraum nicht erst aus Steinkalk zusammengesetzt zu werden, ein eiserner Rost vermittelt die Luftzuströmung; derselbe wird mit leicht entzündbarem Brennmaterial bedeckt und folgen hierauf schichtenweise Kalksteine und Steinkohlenklein, bis der ganze Ofen gefüllt ist, was von oben durch die 0,90 m. weite Oeffnung geschieht; der grösste Durchmesser des im Grundriss runden Ofens ist 5,0 m., die Höhe 4,5 m.; der Durchmesser gegen die Sohle des Ofens verengt sich bis zu 4,0 m.; drei Roste greifen fast durch die ganze Tiefe des Ofens; zur Seite der Roste liegen Luftkanäle, die seitwärts an mehreren Punkten unter dem Roste einmünden und eine reichliche und gleiche Luftzuströmung unter die Rostfläche ermöglichen; nur durch diese Anlage ist es zu erreichen, einen Ofen von so auffällig grossem Durchmesser und einseitiger Schüranlage mit Erfolg betreiben zu können; der gargebrannte Kalk wird von den Rosten abgezogen; man kann diesen Ofen auch zum kontinuirlichen Brennen verwenden, denn der im vorderen Theil des Ofens angebrachte Mauerrand macht es möglich, den eingefüllten Kalk ziemlich rein aus der Mitte abzuziehen und verhindert es, dass ungebrannte Kalkstücke vom Rande des Ofens bis zur garen Abziehstelle herabsinken können.

Einen anderen Ofen mit Steinkohlenfeuerung, der zum kontinuirlichen Brande vielfach und hauptsächlich am Oberrhein (Mühlhausen) verwendet wird, stellt Fig. 327 dar. Er hat die Form eines umgestürzten abgestumpften Kegels, an der Gicht 2,7 m. im Durchmesser, am Rost 1,8 m. bei einer Höhe von 3,6 m.; die Aussenmauer wird meistens von Bruchsteinen gemacht, die innere von feuerfesten Steinen, zwischen beiden zur

Verhütung zu grossen Wärmeverlustes befindet sich eine Ausfütterung von Erde oder Asche; die Kalksteine werden in faustgrosse Stücke zerschlagen und schichtenweise mit Kohlen oder Koks wechselnd in den Ofen von der Gicht aus eingebracht; der Gang des Brandes ist ein fortdauernder, und

Fig. 326.

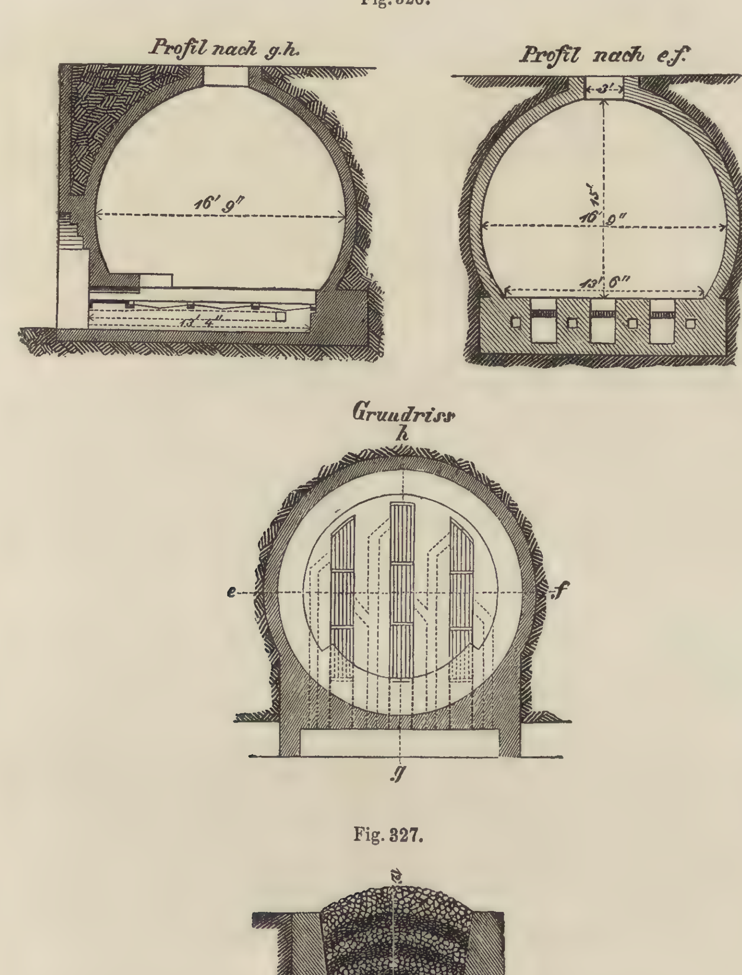


Fig. 327.

brauchen die Gichten 4 Tage bis sie zum Rost kommen, und werden oben durch weitere Lagen von Kalksteinen und Brennmaterial ersetzt; es erfolgt somit in diesem Ofen neben dem allmäligen Ausdämpfen ein schärferes Erhitzen und endlich ein Garfeuern der Steine ohne allen Wärmeverlust; bei der einfachen Anlange des Ofens selbst und der ökonomischen Verwendung von Brennmaterial sind diese Oefen sehr zu empfehlen; der Ofen selbst fasst 200 Zentner Kalksteine und bedarf den vierten Theil dieses Gewichtes von Kohlenklein; täglich werden 90 Zentner Kalk gewonnen; die ungefähre Ersparniss bei dieser Brennmethode stellt sich auf mehr als 20 Scheffel oder 1000 Liter Kohle heraus.

Die grossartigsten Kalkbrennereien finden wir in Rüdersdorf; dieselben werden von der preussischen Regierung betrieben, sie sind theils 3schürig, theils 5schürig, und wird als Brennmaterial fast ausschliesslich Torf verwendet. In der Hauptform haben diese Oefen Aehnlichkeit mit den Hohöfen zur Roheisenfabrikation und sind nebenstehend in Fig. 328 in Grundrissen und Querschnitten dargestellt.

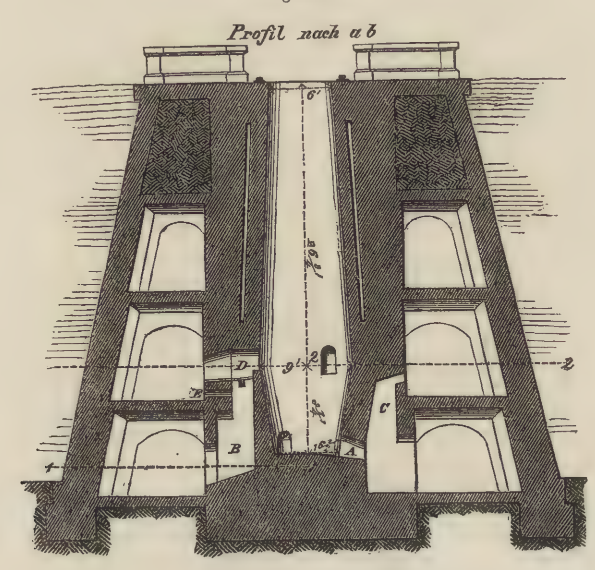
Der Ofenschacht von der Gicht bis zum Roste ist 8,0 m. hoch und hat an der Gicht 1,8 m., am Roste 2,7 m. im Durchmesser; von hier ab verengt er sich wieder auf 1,95 m. bei einer Höhe von 2,47 m.; der Ofenschacht selbst ist fast ganz mit feuerfesten Steinen verkleidet; eine Isolirschicht umgiebt ihn; um den Ofenschacht liegen im unteren Geschoss gewölbte Räume zum Abziehen des gebrannten Kalkes und zum Magaziniren desselben. Die Abziehöffnungen mit A bezeichnet, sind, um das Nachfallen des gebrannten Kalkes zu erleichtern, mit abschüssigem Boden versehen und mit eisernen Thüren verschliessbar, ebenso, wie der Raum mit B bezeichnet, in welchen die Asche vom Rost herabfällt und von hier in B entfernt werden muss. Damit die glühende Luft den Arbeiter beim Abziehen des gargebrannten Kalkes in seiner Funktion nicht hindert, ist eine Art Luftschacht C angeordnet, durch welchen die erhitzte Luft nach oben hin abzieht. Im folgenden Geschoss liegen den Abzugsöffnungen gegenüber je drei Feuerungen D; unter einem mit feuerfesten Ziegeln bekleideten und mit eisernen Thüren schliessbaren Gewölbe liegt der Brennstoff auf einem Thonrost; die Luft zur Speisung des Feuers tritt durch den Kanal E unter den Rost; die weiteren Räume dieses Geschosses dienen zur Aufbewahrung des Brennmaterials, während die Räume des zweiten Stockwerks die Arbeiter mit Schlafstellen versehen.

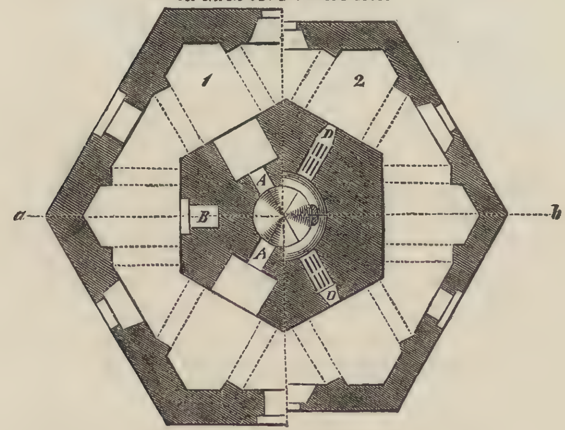
Die Produktion eines solchen dreischürigen Ofens ist täglich auf nahezu 9000 k. Stückkalk zu veranschlagen; vierschürige Ofen liefern über 11000 k., fünfschürige bis 13000 k. Stückkalk[1]).

[1]) 1875 wurden 2 Rüdersdorfer 5schürige Ofen durch den Berginspektor Gerhard mit direkter Gasfeuerung konstruirt; Gas und Luftstrom kommen durch den glühenden Kalk stark erhitzt in der Mitte des Schachtofens mit dem höchsten pyrometrischem Wärmeeffekt zur Verbrennung; es scheint jedoch, dass die erwünschten Resultate nicht so hoch anzuschlagen sind,

Es ist nicht zu verkennen, dass die Anlage der Rüdersdorfer Oefen eine sehr kostspielige ist, und dass sie nur da zur Ausführung gelangen kann, wo ein ganz enorm grosser Bedarf an Kalk befriedigt werden muss;

Fig. 328.

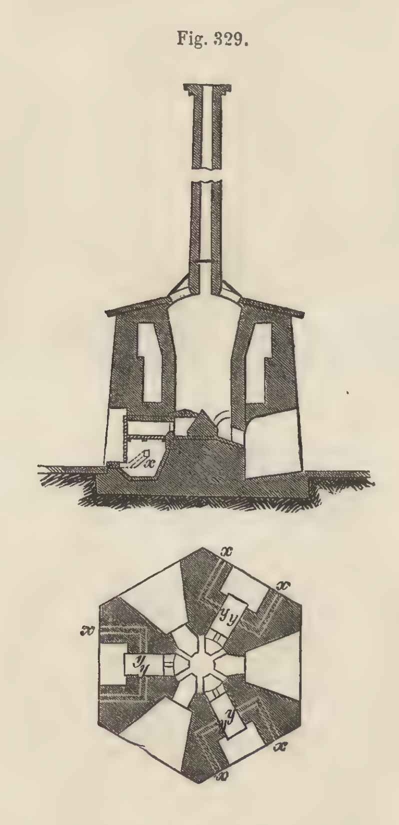




um die schon so lange sich bewährt habenden alten Oefen alle in Gasöfen umzuwandeln. Ueber die specielle Konstruktion der Rüdersdorfer Oefen mit Gasfeuerung berichtet A. Hausding in der Thonindustrie Zeitung 1877. S. 248.

dabei haben sie aber das Gute, dass sie, da bei ihnen das Brennmaterial nicht mit dem zu brennenden Kalk vermischt ist, reinen Kalk, ohne Gemisch von Asche und Schlacke liefern; wünschenswerth erscheint es jedoch, in den Kalköfen den Zug nach Bedarf reguliren zu können, wünschenswerth ferner, die Arbeiter an der Gicht gegen den hier austretenden Rauch und gegen die abziehenden Gase zu schützen; in Berücksichtigung dieser Momente hat Maurermeister S. Hofmann in Döbeln einen verbesserten kontinuirlichen Kalkbrennofen konstruirt, der sehr empfehlenswerth ist und den die Figur 329 in Grundriss und Durchschnitt darstellt.

Fig. 329.

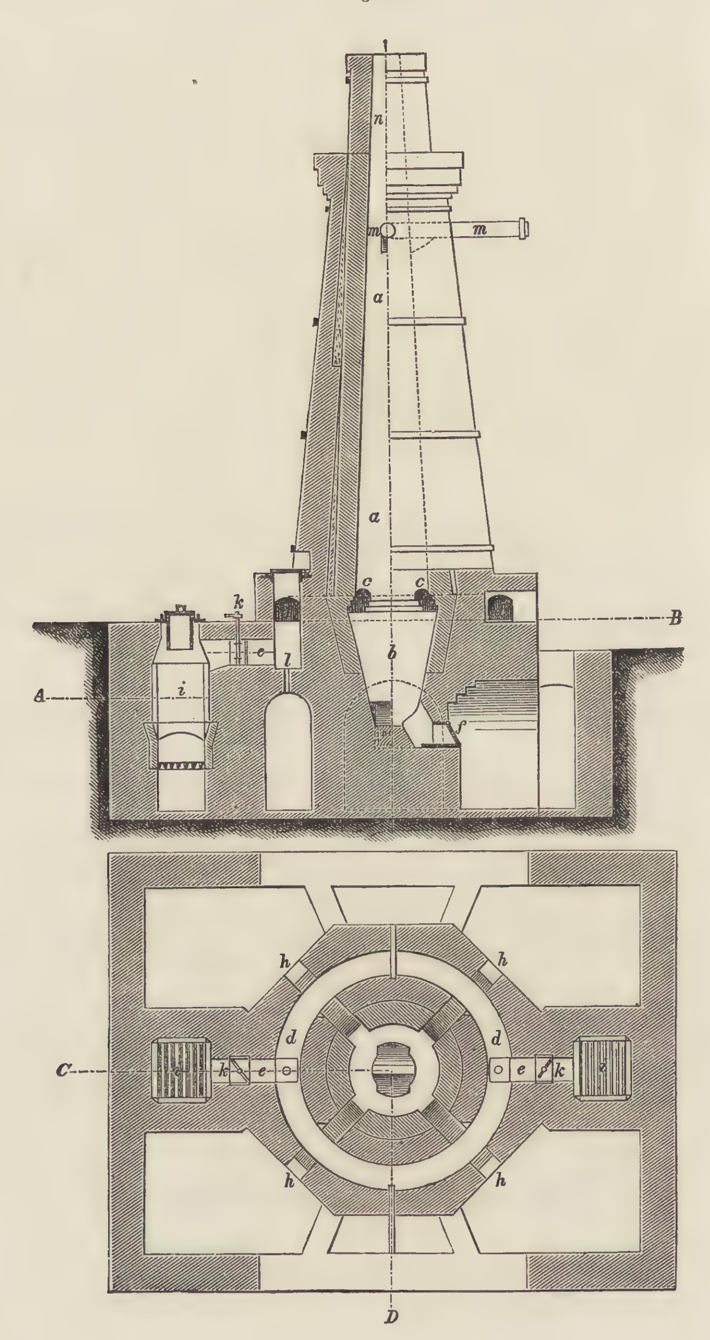


Die innere Verkleidung des Ofens ist mittelst feuerfester Steine hergestellt, der Mantel des Ofens kann jedoch aus Bruch- oder Backstein sein, dazwischen liegt eine Isolirschicht von Lehm, Erde oder Asche; zweckmässig ist es, den Ofen mit einem Umbau zu versehen, und gewinnt man dadurch das nothwendige Kohlenlager, Kalkmagazin und Brennerzimmer. Oberhalb der an der Sohle des Ofens angebrachten Feuerungen und Ab-

zugsöffnungen befindet sich eine Art Rost aus feuerfestem Material hergestellt; der Aschenraum ist mit einem Vorsatzblech versehen und wird damit, je nachdem es das Feuer bedarf, die Oeffnung mehr oder weniger zugestellt; dasselbe gilt von den kalten Zügen y, die bei x einmünden, bei y ausmünden, und von dem Schieber des Schornsteins. Die Feuerungsthüren sollen luftdicht schliessen. Die Füllungs- und Auszugsthüren sind von Eisen, und zwar am besten 2 flügelig. Der Rauch wird von der Ofenkuppel aus in den Schornstein geführt. Ueber den Auszugsöffnungen legt man gern, um den Brand beobachten zu können, mit Thonstöpsel verschliessbare Löcher an.

Die Anlage von Gaskalköfen von Hans Siemens und Ferd. Steinmann hat besonders in den Zuckerfabriken eine allgemeine Aufnahme gefunden und auch in vielen Kalksteinbrüchen, wie z. B. bei Prag, Beraun etc. haben sich die neu konstruirten Brennaparate bewährt. Ihre Vorzüge sind in die Augen springend, indem sie die Anwendung fast jeden Brennstoffs, bei vollständiger Rauchverzehrung gestatten, eine Brennmaterialersparung von 25—40 Prozent zulassen und endlich viel dazu beitragen, die bisher durch die gewöhnlichen Kalkbrennereien unvermeidliche Belästigung der ganzen Umgebung zu beseitigen. Andererseits wird durch Gaskalköfen offenbar ein durchaus reines Brennprodukt, frei von Schlacke und Asche gewonnen, und lässt sich der Betrieb wegen seiner Einfachheit leicht geregelt durchführen. Steinmann's Brennofen zeichnet sich auch dadurch vor allen anderen aus, dass in ihm die beim Kalkbrennen frei werdende Kohlensäure anderweitig verwerthet wird. Der von F. Steinmann für Braunkohle und Lignit eingerichtete Gaskalkofen ist in der umstehenden Figur 330 dargestellt; aa ist die Gicht, deren Schachtmauer vom Mantel durch eine Isolirschicht aus Sand getrennt ist, b die Rast, in welcher der bereits gebrannte Kalk steht, cc die Gasdüsen, welche mit dem Ringkanal dd unmittelbar kommuniziren, ee Gasleitungen, ff Fallthüren, aus denen der gebrannte Kalk abgezogen wird; sie sind mit 4—5 kleinen Oeffnungen versehen, durch welche die Verbrennungsluft eintritt, die, indem sie den in der Rast stehenden glühenden Kalk passirt, auf die gleiche Temperatur gebracht, je nach Regulirung eine energische aber mehr oder minder intensive Verbrennung des Gasstroms vollzieht. hh Putzlöcher für die Gasdüsen; in verschiedenen Höhen des Schachtes sind Schaulöcher zur Beobachtung des Brandes angeordnet; ii sind die Generatoren, kk Gas-Absperr- und Regulirungsklappen, ll Theersammler, über welchen ein Reinigungsverschluss angebracht, m ist eine Kohlensäureleitung, die unter Einschaltung einer Waschvorrichtung mit einem doppelt wirkenden Pumpwerke verbunden ist, n der Windfang mit der Beschickungsthür zur Gicht, m Absaugrohr für die weiter nutzbar zu machende Kohlensäure. Zur Massenproduktion hat F. Steinmann sogenannte Basteiöfen mit Gasfeuer und einer maximalen Ausbeute von 350 Ztr. Aetzkalk in 24 Stunden

Fig. 330.



in grösserer Anzahl erbaut; es wird hier auf die betr. Literatur verwiesen[1]).

Ist der Kalkofen einmal in Betrieb gesetzt und in der Rast ein in Weissglut sich befindender Kalk vorhanden, so muss dafür Sorge getragen werden, dass die Generatoren möglichst gleichförmig in Brand bleiben; damit die Gasentwickelung gleichmässig erfolge, ist es angezeigt, die Absperrklappen nur wenig zu öffnen, damit dem sehr energisch der Gicht zuströmenden Gase Zeit zur successiven Entzündung geboten wird.

Das Ziehen des Kalkes kann je nach dem Bedarf an Kalk in Pausen von nicht unter 1½ und nicht über 3 Stunden zu beiden Seiten möglichst rasch erfolgen, wobei nach jedem Zug die Gicht sofort wieder mit Kalkstein anzufüllen ist.

Was die Bedienung der Generatoren anbetrifft, so kann dieselbe leicht und bequem in 8—12 Tagen von einem intelligenten Brenner erlernt werden; bei geregeltem Betriebe zeigt ein gutes reifes Gas beim Oeffnen des Generators je nach dem Heizwerthe der Kohle eine strohgelbe bis olivengrüne Farbe, während die unreifen und wilden Gase rauchschwarz bis weisslich erscheinen.

Eine etwa alle zwei Monate nothwendig werdende Reinigung der Kanäle, Klappen, Düsen unterbricht den Betrieb des Ofens nicht in der Weise, dass er „ausgeblasen“ werden muss, und wird durch eine Beschleunigung des erwähnten Geschäftes eine grosse Abkühlung des Ofens nicht hervorgebracht.

Die Gasflamme entwickelt sich nach dem Zutritte der Luft in den Steinmann'schen Oefen mehr in vertikaler Richtung, und ist daher ein gewisses Mass des Gichtdurchmessers nicht zu überschreiten, als ein Maximum wird vom Erfinder selbst 1,5 m. angeben. Dieser Umstand lässt es nicht räthlich erscheinen, diese Gaskalköfen in grossen Dimensionen zur Ausführung zu bringen[2]), soll aber eine grössere Kalkproduktion erzielt werden, so kann man mehrere Oefen neben einander bauen und durch einen gemeinschaftlichen Mantel umgeben; man legt dann sämmtliche Feuerungen an eine Seite, an die entgegengesetzte alle Zugöffnungen.

Ganz besonderen Werth haben die Gaskalköfen für die Zuckerfabrikation, welche reinen Aetzkalk zur Sättigung des rohen Zuckersaftes bedarf und auch die beim Brennen des Kalkes entwickelte Kohlensäure zum Niederschlagen des Kalkes benutzt.

Eine sehr grosse Ersparniss an Brennmaterial wird auch dem neuerfundenen Kalkofen von J. R. Swann in Edinburg nachgerühmt; derselbe beruht auf der Anwendung des zirkulirenden Rostes und wird zu gleicher Zeit mit erhitzter Luft gespeist.

[1]) Dingler's Journal. 1876 B. 220 S. 151

[2]) Cylindrische Oefen von 1,50—2,0 m. Durchmesser und 3 m. Höhe mit 3 m. hohem Schornstein werden als besonders effectreich bezeichnet.

Fig. 331 giebt den Vertikalquerschnitt eines Ofens, Fig. 331a einen vertikalen Längendurchschnitt, Fig. 331b einen horizontalen Schnitt eines Systems von 14 Oefen. Jeder Ofen hat einen Rost A, eine Feuerungsthür B und eine Thür C zur Beschickung und zum Herausnehmen der gebrannten Waare. Jeder Ofen steht mit dem folgenden durch einen Kanal D in Verbindung, welcher in dem einen Ofen unter dem Gewölbe, in dem anderen an der Sohle einmündet. Ein zweiter mit verschliessbarem Register versehener Kanal E führt von dem Gewölbe eines jeden Ofens nach dem Schornstein. Die Luft wird wie für die Hohöfen erhitzt und dem Ofensystem durch ein Hauptrohr F zugeleitet, an welches die nach den einzelnen Ofenabtheilungen führenden Zweigrohre H sich anschliessen. Ist der Ofen mit Kalksteinen beschickt, so führt man durch Oeffnen des Kanals H warme Luft in denselben ein, welche alle Feuchtigkeit durch den Kanal e nach dem Schornstein treibt. Ist der Ofeninhalt trocken, so zündet man das Brennmaterial auf den Rosten an, schliesst den Kanal E und öffnet den Kanal D, so dass die durch diesen Kanal abziehenden Feuergase die nächste Ofenabtheilung heizen.

Bei dieser Ofenanlage wird die heisse Luft aus dem unteren Theile einer Ofenabtheilung in den oberen Theil der nächstfolgenden übergeführt und verjagt zunächst das mechanisch gebundene Wasser, dann aber bewirkt sie das Brennen des Kalksteins in kurzer Zeit und unter grosser Ersparniss von Brennmaterial.

Beim Betriebe dieser Oefen hat sich herausgestellt, dass man mittelst auf 300° erhitzter Luft einen Ofen von 46 Metern in 12 Stunden unter Verbrauch der Hälfte des gewöhnlich erforderlichen Brennstoffes anheizen kann, ohne dass das Material zerspringt; durch Anwendung von Petroleumdämpfen und anderen ähnlichen Flüssigkeiten, welche man mit der heissen Luft zuführt, entwickelt man eine intensive Hitze, welche unter Ersparung von Brennmaterial die Produktion ausserordentlich beschleunigt. Die Beschickung des Rostes regulirt sich von selbst und bedarf nur sehr geringer Beaufsichtigung. Das Brennmaterial wird auf einen Fülltrichter I gegeben und auf diesem durch eine zu regulirende Oeffnung einer Kette von Eisenstäben zugeführt, die einen zirkulirenden Rost ohne Ende bilden, auf welchem die Verbrennung erfolgt. Je nachdem eine vor der Oeffnung befindliche Thür B weiter in die Höhe gezogen oder herabgelassen wird, gelangt mehr oder weniger Brennmaterial auf den Rost. Dieser zirkulirt im Ofen von vorn nach hinten mit solcher Geschwindigkeit, dass das Brennmaterial auf demselben in dem Augenblicke konsumirt ist, in welchem es an dem hinteren Ende des Ofens ankommt. Asche und Schlacken fallen hier in einen Aschenfall oder in einen auf Rädern stehenden Kasten K, welcher in den Aschenfall eingeschoben ist. Der Rost ohne Ende wird am vorderen und hinteren Umdrehungspunkt durch Cylinder getragen und ist zwischen diesen durch Rollen gestüzt. Der vordere Cylinder wird durch

Fig. 331.

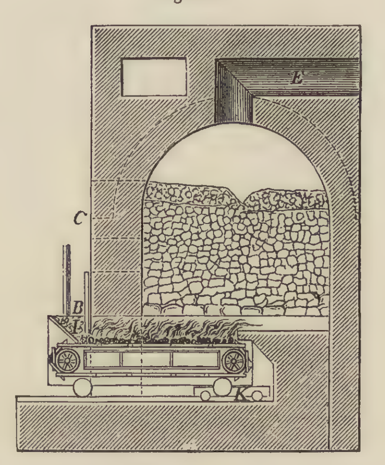
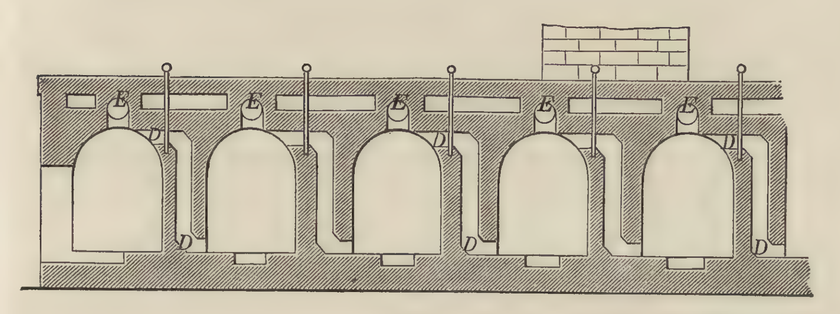


Fig. 331 a.



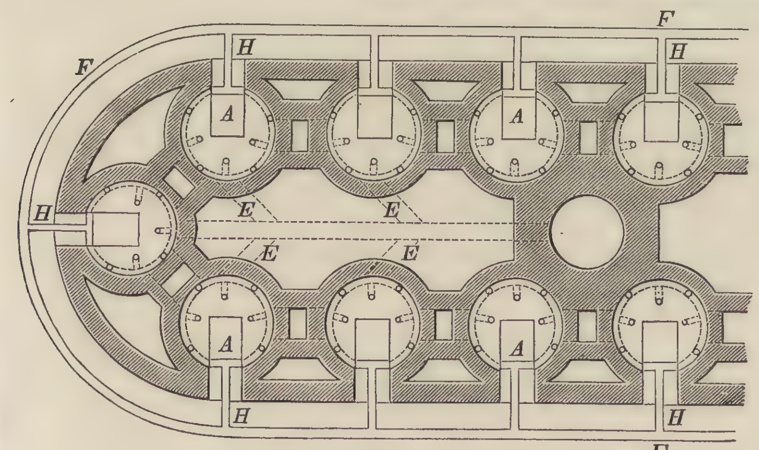
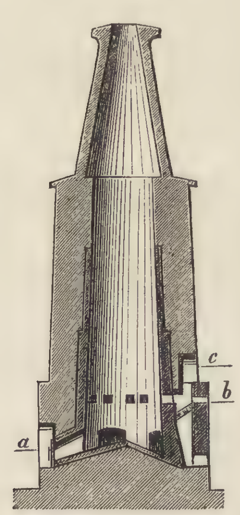


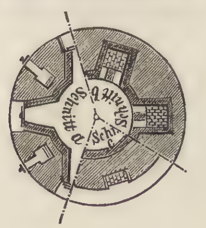
Fig. 331 b.

eine Kraftmaschine in Rotation gesetzt und überträgt die Bewegung auf den Rost; übrigens ist hierzu wenig Kraft erforderlich.

Alle vergasbaren Bestandtheile des Brennmaterials werden im Ofen am vorderen Ende des Rostes vergast, und die Destillationsprodukte werden, indem sie über den glühenden Koks auf dem hinteren Theile des Rostes hinziehen, vollkommen verbrannt; daher kann Russ weder zu dem Kalkstein gelangen, noch aus dem Ofen entweichen. Andererseits ist der Rost nirgends vom Brennmaterial entblösst, und eine Verstopfung desselben kann nicht eintreten; er entledigt sich der Schlacken, sobald alle Gase konsumirt sind.

Fig. 332.





Die Arbeit an diesem Ofen und der Betrieb desselben ist durch diese Vorrichtung bedeutend einfacher wie bei jeder anderen Einrichtung dieser Art.

Eine neuere, äusserst einfache Gaskalkofen-Konstruktion wurde von dem Schweden O. Fahnejelm mehrfach zur Ausführung gebracht und liegen über deren Erfolg befriedigende Resultate vor. Mehr für den Kleinbetrieb ist er für eine Produktion von 15 bis 20 cbm. in 24 Stunden berechnet. Fig. 332 stellt einen solchen Ofen dar und besteht derselbe aus einem Schacht, der von oben bis unten sich gleichmässig erweitert, um das Niedergehen des zu brennenden Kalkes zu erleichtern; für grössere Ofen wird ein runder Schacht gemacht, für kleinere ein mehr rektangulärer mit schwach gewölbten Seiten. Die gewöhnlichen Herde sind durch äusserst einfache Generatoren ersetzt, von welchen die sich bildenden Gase durch zwei Züge in den Ofen eintreten; hier verbrennen sie, indem sie sich mit der von unten kommenden Luft, welche die gebrannte Steinmasse passirt und bis zur Glühhitze vorgewärmt wird, vermischen. Der Luftzutritt lässt sich durch Schraubenventile reguliren. Bei dem in unserer Figur dargestellten Ofen befinden sich 6 Feuerstätten mit 12 Feuerkanälen, wodurch ein vollständiges Durchbrennen der ganzen Kalkmasse durchaus gesichert erscheint. Das Ziehen des Kalks erfolgt unterstützt durch eine schräge Ofensohle von Stunde zu Stunde. Um den Ofen gegen den Einfluss des Windes zu schützen, ist er mit einem 6—10 m hohen, nach oben sich verengernden Rauchschacht versehen, der wesentlich dazu beiträgt, den in Kalköfen so wünschenswerthen lebhaften Zug zu erhalten.

Dieser Ofen soll gegen den Rüdersdorfer Ofen an Brennmaterial 50 pCt. Ersparnisse ergeben haben.

Die Kalkgasöfen sind bisher nur in vereinzelten Fällen zur Fabrikation von Aetzkalk im Grossen benutzt worden, die ausgeführten dienen in der Mehrzahl der Runkelrüben-Industrie und der Ammoniaksodafabrikation, wo sie Aetzkalk und Kohlensäure in der möglichst reinsten Form zu liefern haben.

Der Grund hiervon liegt hauptsächlich darin, dass man sich bisher darauf beschränkte, das Gas seitlich in die Oefen einzuführen, wie dies beispielsweise bei den Steinmann'schen, Rüdersdorfer und Fahnejelm'schen der Fall ist; eine solche seitliche Einführung aber gestattet beim Schachtofen nur eine Durchschnittsweite an der Rast von 1,5 m[1]), eine Beschränkung, welche die Leistungsfähigkeit eines solchen Schachtofens auf ein Minimum herabdrückt. Um solchem Uebelstande abzuhelfen, hat C. Nehse in Dresden einen Kalkofen gebaut, in welchem das Gas so einströmt, dass es sich von der Mitte aus im Ofenschachte gleichmässig vertheilt; Fig. 333 giebt von diesem Ofen eine Zeichnung. Der Ofenschacht hat oblongen Querschnitt, kann aber sehr wohl auch rund oder auch oval gemacht werden. Die Zuführung des Gases von den Generatoren zum Ofen geschieht durch den Kanal a, von dem sich die vertikalen Kanäle bb abzweigend, in Mitte des Ofens aufsteigen; ein in c sich befindendes Sattelstück zwingt das durch bb aufwärts strömende Gas durch die Oeffnungen ddd..., in den Ofen einzuströmen. Zum Reguliren der Gaseinströmung dienen die Schieber bei ee. Die äussere Verbrennungsluft tritt durch die Kalkabziehlöcher ff ein und lässt sich gleichfalls reguliren.

In der Höhe der Oeffnungen dd findet durch die Berührung des Gases mit der von unten aufsteigenden Luft, die sich am gebrannten Kalk erhitzt, die Verbrennung so gleichmässig und intensiv statt, dass der hier passirende Kalk in durchaus befriedigender Weise gargebrannt wird. Die in den Mauern des Schachtes angebrachten Löcher gg haben den Zweck, etwa sich festklemmende Kalkstücke abstossen zu können. Der Sattel c hat neben der hohen Temperatur auch einer starken Abnutzung durch die an demselben heruntergleitenden Kalksteine zu widerstehen und ist deshalb von durchaus sicherem feuerfestem Material zu konstruiren.

Der Nehse'sche Ofen hat einen Schacht von 10,00 m. Höhe, einen Durchmesser in der Ebene des Sattels von 3,90 auf 3,20 m. und an der Gicht 2,26 auf 2,00 m.; er fasst etwa 150 cbm. Kalkstein, welches Quantum leicht bis auf 250 cbm. vergrössert werden kann, ohne dass die Gleichmässigkeit des Brandes dadurch eine Beeinträchtigung erfahren würde[2]).

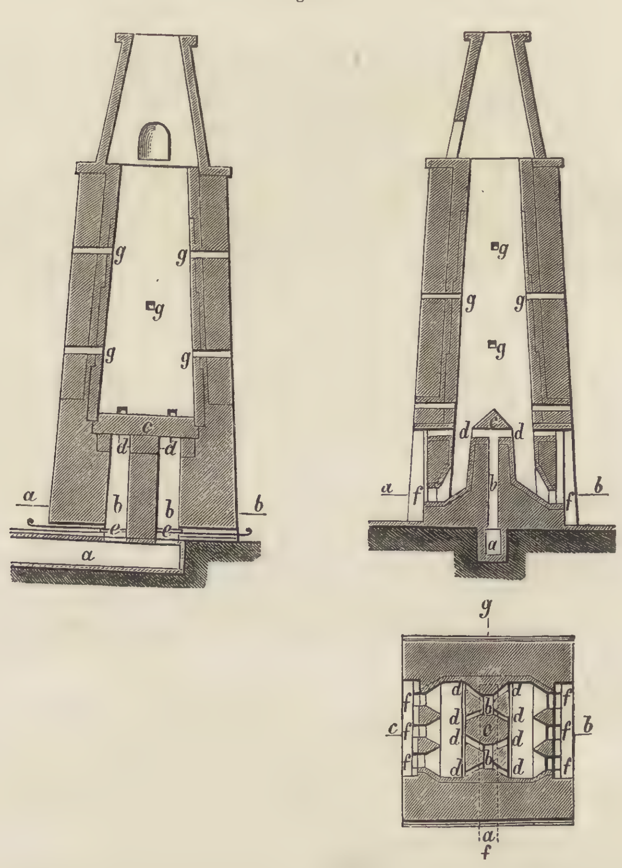
---

[1]) vergleiche Seite 251.

[2]) Zeitschrift für die gesammte Thonwaarenindustrie 1878. S. 491.

Zum Kalkbrennen verwendet man ferner sehr häufig auch die Ziegelöfen, wie dies bereits an der betreffenden Stelle besprochen ist. (Etagenofen, Kasseler Flammofen, Bock's Kanalofen[1]), ringförmiger Ofen von Licht und Hoffmann)[2]).

Fig. 333.

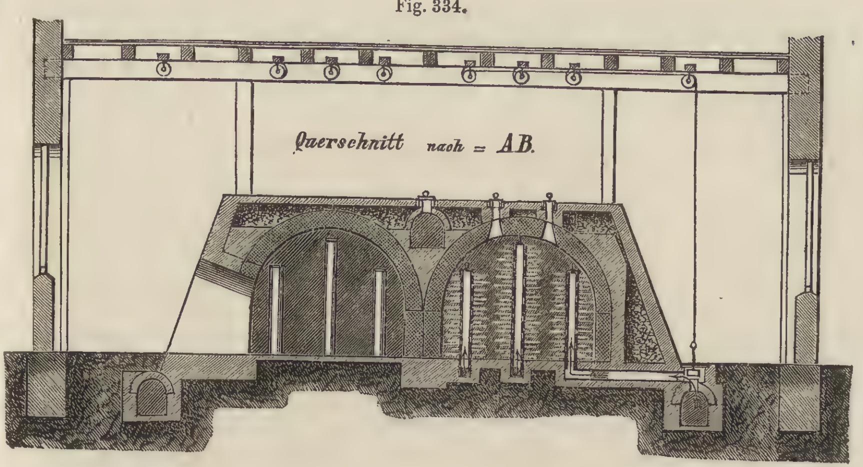


In neuester Zeit hat sich auch ein Gasringofen nach dem System Escherich in Schwandorf zum Brennen von Kalk und Cement vorzüglich bewährt. Dieser auch für die Ziegelfabrikation bereits mit Erfolg ausgeführte Ofen ist in Fig. 334 in seinen Grundrissen, Längs- und Querschnitten dargestellt; im allgemeinen dem Bühner'schen Parallelofen sich anschliessend, sind im Escherich'schen Ofen statt der bisherigen Heizlöcher oder Heizschächte Gaspfeifen (durchlöcherte Thonröhren) angeordnet, in welche das

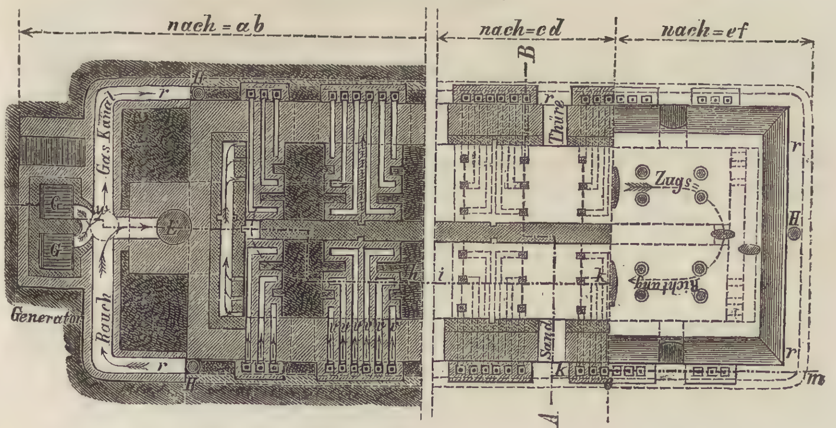
[1]) Gottgetreu, Baumaterialien. I. S. 337 u. 349.

[2]) Gottgetreu, Baumaterialien. I. S. 313.

Fig. 334.



Verticalschnitte.



Gas von der Ofensohle aus einströmt und durch feine Oeffnungen in allen Höhen zur Verbrennung gelangt. Hierdurch ist eine äusserst gleichmässige Vertheilung der Verbrennungsgase im ganzen Querschnitt des Ofens ermöglicht, und ergiebt sich dabei eine durchaus schnelle und vollkommene Verbrennung.

Bei der hier erfolgenden Brennmethode treten sowohl die Luft als auch die Gase stark erwärmt in den Brennkanal ein und lassen sich deren Zuströmungen mittelst entsprechender Stellung der Rauch- und Gasglocken auf's erfolgreichste reguliren. Beim Brennen von Kalk werden die Pfeifen aus feuerfestem Thon gefertigt, und ist ein allenfallsiges Zuschmelzen der Brennöffnungen deshalb ausgeschlossen, weil die Pfeifen durch stets zuströmendes Gas eine nicht unerhebliche Abkühlung erfahren.

Um die Hitze in allen Theilen des Brennkanals zu beherrschen, ist jede Gaspfeife mit eigenem Zuleitungskanal v und einer besonders angebrachten Regulirvorrichtung g versehen, und stehen sämmtliche Zuleitungskanäle (v v) mit dem den Ofen umschliessenden Ringkanal r in Verbindung; ein Wechsel W vermittelt ihre Kommunikation sowohl mit dem Generator G als auch mit dem Schornstein E. Diese Einrichtung ermöglicht, sämmtliche Pfeifenzuleitungskanäle und Regulirungsglocken nicht nur zur Zufuhr des Gases sondern auch zur Abfuhr der Verbrennungsprodukte zu benutzen.

Zu diesem Zwecke ist der Ringkanal mittelst der Glocken bei H in mehrere Abtheilungen getheilt, wodurch es ermöglicht ist, jene Abtheilungen des Ringkanals, durch welche das Gas dem Ofen zuströmt, von jenen Abtheilungen zu trennen, durch welche der Rauch zum Schornstein abzieht; dem entsprechend dienen sämmtliche Abtheilungen des Ringkanales abwechselnd bald als Gas-, bald als Rauchkanäle.

Alles Uebrige erläutert die beigegebene Darstellung[1]).

Der gebrannte Kalk

muss sorgfältig verwahrt werden; dies geschieht bei grossen Massen in besonderen Magazinen, welche dicht verschlossen werden können, einen gedielten Fussboden haben müssen und so selten wie möglich geöffnet werden dürfen; man kann auch den gebrannten Kalk sofort nach dem Brennen in Fässer schlagen und an einem trockenen Ort aufbewahren. Gebrannter Kalk für die Mörtelfabrikation lässt sich jahrelang aufbewahren, wenn man denselben mit soviel Wasser besprengt, dass er zu Pulver zerfällt; dann lässt man den Haufen 8 Tage liegen und wirft den zerfallenen Kalk durch ein Sieb mit ⅓ mm weiten Maschen; der grobe Rückstand wird zerrieben und durch Besprengungen gelöscht. Das Ganze wird in Haufen

[1]) Dieser Brennofen, der vorherrschend für feinere Ziegelwaaren benutzt wird, wurde dem Verfasser dieses Buches erst nach Herausgabe des I. Bandes bekannt; aus diesem Grunde findet derselbe an dieser Stelle den ihm gebührenden Platz.

vor Regen geschützt oder mit Kohlenasche bedeckt[1]). Sehr vortheilhaft ist es, wenn der Kalk gleich nach dem Brennen verwendet werden kann, da er das Bestreben besitzt, Wasser und Kohlensäure aus der Luft begierig aufzunehmen, wodurch er sich bedeutend verschlechtert.

Nach dem Brennen hat nun der kohlensaure Kalk seine 45 Gewichtsprozente Kohlensäure und sein beigemischtes Wasser verloren, am Volumen beträgt der Verlust gegen 10—20 Prozent. Der gebrannte Kalk hat demgemäss nur die Hälfte des Gewichts des ungebrannten und giebt dasselbe einen Anhaltspunkt für die Beurtheilung eines guten Kalkes ab.

Der gebrannte Kalk zerfällt an der Luft sehr bald zu einem zarten Pulver, indem er Wasser und Kohlensäure anzieht und sich endlich wieder in kohlensauren Kalk verwandelt. Als poröser Körper saugt der Kalk viel Wasser auf, nach kurzer Zeit aber erhitzt sich der benetzte Kalk, bläht sich auf und zerfällt zu staubig trockenem Kalkhydrat. Bei Anwendung von mehr Wasser löscht sich ein Stück gebrannten Kalks unter Entwickelung einer bedeutenden Hitze und „gedeiht“ mehr oder weniger, d. h. vergrössert sein ursprüngliches Volumen je nach seiner grösseren oder geringeren Reinheit.

Bringt man gebrannten Kalk in ein Glasrohr und leitet Wasserdämpfe hindurch, so verwandelt sich der gebrannte Kalk zwar in Kalkhydrat, aber eine Vermehrung seines Volumens ist dabei nicht wahrzunehmen, er „gedeiht“ nicht.

Stampft man gebrannten, fein gepulverten Kalk in eine eiserne Röhre mit nadelfeinen Löchern und legt dieselbe fest verschlossen in's Wasser, so dass das Wasser nur in die feinen Oeffnungen eindringen kann, so erhält man alsdann nach dem Trocknen in kohlensäurefreier Luft einen festen Kalkstab, der an der Luft begierig Kohlensäure in sich aufnimmt und einen sehr harten künstlichen Kalkstein bildet. Reibt man gemahlenen Kalk trocken mit Sand und befeuchtet das Gemisch mit Wasser, so entsteht kein bindender Mörtel; die feineren Kalktheilchen gehen zwar über in Kalkhydrat, das dazu benöthigte Wasser aber dient nur zur Hydratisirung, nicht aber findet unter diesen Umständen ein Gedeihen statt[2]).

Die Umwandlung des gebrannten Kalks in Kalkhydrat ruft zwei getrennte Erscheinungen hervor, welche nicht nothwendig einander bedingen. Beim Löschen in Wasser saugt der gebrannte Kalk für's erste bedeutend Wasser in sich ein; für's zweite ist die chemische Bildung von Kalkhydrat mit starker Entwickelung von Wärme begleitet und verwandelt letztere das überschüssige, also nicht chemisch gebundene Wasser in Dampf, der dann die ganze Masse in seine Moleküle auseinandertreibt; wird Wasser in unzureichenden Mengen zum Löschen des Kalks verwendet, so kann zwar Kalkhydrat entstehen, aber ein „Gedeihen“ ist dabei ausgeschlossen.

---

[1]) Dinglers Journal 1869, S. 220.

[2]) Dinglers polyt. Journal 1876. Band 221 S. 147 u. 236 ff.

Prof. Stingl in der öster. Gewerk-Vereinszeitung 1878 No. 1 und 2 bezeichnet als die Ursache des Gedeihens des Kalks die grosse Adhäsion, welche das Wasser zum reinen Calciumoxyd hat, nur deshalb findet bei der Bildung des Calciumhydroxyds eine so grosse mechanische Wasseraufnahme statt; ein Zersplittern der Moleküle durch sich bildende Wasserdämpfe wird aus dem Laboratorium in Czernowitz den Versuchen W. Wolters gegenüber negirt.

Der Kalk löst sich bei 15° C. in 778, bei 100° C. aber erst in 1270 Theilen Wasser auf und es trübt sich daher eine bei niedriger Temperatur dargestellte klare Lösung, wenn man sie erhitzt; die Lösung des Kalkes, welche natürlich Kalkhydrat enthält, ist Kalkwasser. Dieses trübt sich an der Luft und besonders wenn man darauf bläst, indem Kohlensäure absorbirt wird und einfach kohlensaurer Kalk sich ausscheidet.

Das gewöhnliche Kalkhydrat, das erst in der Rothglühhitze sein Wasser unter Zerfallen abgiebt, enthält 1 Aequivalent Wasser; in trockener Luft absorbirt der Kalk keine Kohlensäure, es muss sich stets erst Kalkhydrat bilden, und dieses verwandelt sich niemals vollständig in neutralen kohlensauren Kalk, sondern giebt eine basische Verbindung von Kalkhydrat mit kohlensaurem Kalk.

Das Löschen des Kalkes geschieht am besten auf die Weise, dass man ihn zuerst hinreichend mit Wasser anfeuchtet und so ein Zerfallen des Kalkes erzielt, dann erst wird allmälig unter stetem Umrühren mehr Wasser zugesetzt, bis eine gleichmässige Lösung erfolgt ist und kein Aufbrausen mehr stattfindet; die richtige Menge Wasser beim Löschen des Kalkes zu verwenden, ist eine grosse Hauptsache, im allgemeinen nimmt man an, dass 100 Theile Kalk durch 32 Theile Wasser bei einer Hitzeentwickelung von 150° gesättigt werden; nimmt man weniger Wasser, so „verbrennt“ der Kalk, wie die Maurer sich ausdrücken, der Kalk wird dadurch zwar hydratisirt, aber er „gedeiht“ nicht, weil das nothwendige Wasser fehlt, das, in Dampf verwandelt, die Kalkmoleküle auseinandertreibt und so die aufgelockerte Kalkmasse bildet; ebenso schädlich ist das Verwenden zu vielen Wassers, wodurch der Kalk „ersäuft“, und es werden die Kalktheilchen hierbei zu weit von einander entfernt.

Das Löschen des Kalkes geschieht in der Regel in sogenannten Kalkkästen oder Löschbänken, mit Hülfe der Kalkkrücke: das Resultat der Löscharbeit ist eine weisse Flüssigkeit, die sogenannte Kalkmilch. Diese lässt man in eine Grube, die Kalkgrube, deren Seitenwände ausgemauert oder mit Brettern ausgestellt sind, abfliessen, indem man einen in der Kalkbank angebrachten Schieber öffnet; hier verdunstet das überflüssige Wasser und können sich die beim Löschen noch unaufgeschlossenen Kalktheilchen vollständig lösen; den so „eingesumpften“ Kalk nennt man Kalkbrei und seiner weissen Farbe wegen auch wohl Weisskalk. Der abgelöschte Kalk darf nicht zu lange mit Wasser über-

deckt der atmosphärischen Luft ausgesetzt bleiben, da der im Wasser gelöste Kalk Kohlensäure aufnimmt und als einfach kohlensaurer Kalk niedersinkt, wobei er den übrigen gelöschten Kalk verunreinigt; in diesem Falle muss das überflüssige Wasser abgeschöpft werden. Der in der Grube sich befindende anfangs ziemlich dünne Kalkbrei verdickt sich, ohne dass ein Sichsetzen der Masse bemerklich wird, ein sicherer Beweis, dass sich erst sehr viele Kalktheilchen nachträglich lösen. Zum weiteren Schutz gegen die Luft überdeckt man den eingesumpften Kalk mit einer Sandschichte; ohne diese schützende Decke bekommt er weite Risse und Sprünge, indem ein grosser Theil sich zu kohlensaurem Kalk umgestaltet, wobei eine wesentliche Verminderung seines Volumens eintritt.

Die Kalkgruben müssen vor dem Eindringen des Regen- und Schneewassers gesichert sein und macht man sie, damit die der Luft und ihrer Kohlensäure ausgesetzte Oberfläche der Kalkmasse möglichst klein werde, mehr tief als lang und breit. Beim Verbrauch muss der Kalk wagerecht abgenommen, „ausgestochen“ werden, damit die Oberfläche immer wieder mit Sand bestreut werden kann.

Eine andere Methode Kalk zu löschen, besteht darin, dass man den gebrannten Kalk mit einem Maurerhammer bis zu der beiläufigen Grösse eines Eies zerschlägt, ihn in einen geflochtenen Korb bringt und in Wasser so lange eintaucht, bis die Oberfläche desselben zu sprudeln beginnt; dann wird der Korb herausgezogen und schüttet man seinen Inhalt in ein Fass oder in einen Kasten; dieser so behandelte Kalk erhitzt sich bedeutend, so dass ein grosser Theil des nicht gebundenen Wassers als Wasserdampf entweicht, wobei viel Kalktheilchen mit fortgeführt werden; diese Dämpfe sind im Stande, die Arbeiter sehr zu belästigen, deshalb muss ein solches Geschäft an Orten vorgenommen werden, wo ein starker Luftzug vorhanden ist, um die Dämpfe sofort zu entfernen und sie für die Arbeiter unschädlich zu machen; nach erfolgter Dampfentwickelung ist der Kalk zn Staub zerfallen und kühlt sich nach und nach wieder ab; die so gefüllten Fässer werden bis zur Mörtelbereitung mit Matten überdeckt, aufbewahrt.

Um beim Löschen von mageren Kalk, die Wärme zusammenzuhalten nimmt man das Löschen wohl unter einer Sanddecke vor; zu diesem Behuf bringt man den Kalk in Haufen und überdeckt sie mit Sand, dessen Oberfläche nach und nach mit einer Giesskanne durchnässt wird; die sich entwickelnden Dämpfe werden durch die Sanddecke stark zurückgehalten und bemüht man sich, allenfallsige Durchbrechungen derselben sofort wieder zu beseitigen; ist der Löschprozess vollzogen, schreitet man unter weiterem Zusatz von Wasser sofort zur Mörtelbereitung.

Das zum Kalklöschen zu verwendende Wasser soll möglichst rein sein, am liebsten verwendet man Regen- oder Flusswasser; Brunnen- und Quellwasser enthält meist Kohlensäure und verdirbt den Kalk; fehlt es an der Baustelle an geeignetem Wasser, so ist die Anlage von Zisternen zu em-

pfehlen, in die man beim Mangel an Regenwasser Brunnenwasser einleitet und abstehen lässt; Quellwasser, das anderweitige Salze mit sich führt, sowie das Kochsalz haltende Meerwasser sind zum Kalklöschen niemals zu verwenden; der Einfluss von solchem Wasser auf die Mörtelbereitung wird in dem Kapitel „Luftmörtel" weiter erörtert werden.

Die durch das Löschen des Kalkes eintretende Veränderung seines Volumens hängt nicht allein von der Reinheit des Steins, sondern auch von dem völlig gelungenen Brennprozess ab; der Kalk „gedeiht" und ist ergiebig und in dieser Beziehung unterscheidet man fetten und mageren Kalk.

Ein Kubikmeter fetter Kalk liefert gelöscht 2—2,5—3 Kubikmeter vollständig steifen Kalkbrei, braucht dazu viel Wasser unter stärkster Hitzeentwickelung, fühlt sich äusserst zart und fett an, ist schneeweiss und verträgt bei der Mörtelbereitung viel Sandzusatz.

Ein Kubikmeter magerer Kalk dagegen giebt höchstens 2—1,5—1 Kubikmeter Kalkbrei, braucht nur wenig Wasser unter geringer Wärmeentwickelung, fühlt sich rauh und sandig an, hat meist schmutzige Farbe und verträgt bei der Mörtelbereitung nur wenig Sandzusatz.

Zu den mageren Kalken gehört auch der hydraulische Kalk.

Vermischt man nun den gelöschten Kalk auf nassem Wege mit verschiedenen anderen Mineralsubstanzen unter Mitwirkung von Wasser, so erhält man den Kalkmörtel (Mauerspeise, Speiss), der theils zur Verbindung des Mauerwerkes, theils zum Verputzen desselben etc. dient.

Bei Herstellung des Mörtels ist besonders darauf zu achten, dass die Mörtelsubstanzen aufs Innigste mit einander vermischt werden, so dass ein durchaus homogenes Gemenge entsteht von gleicher Färbung und Dichtigkeit. Da aber hierzu ein sorgfältiges Durchkneten unumgänglich geboten erscheint, hat man sich — besonders bei umfangreichen Bauten eigens konstruirter Mörtelmaschinen bedient.

Solche Maschinen (meistens Göpelmaschinen) wurden schon von Perronet bei seinen berühmt gewordenen Brückenbauten (Neuilly) in Anwendung gebracht, und ähnlich wurde in gleicher Zeit bei englischen Hafenbauten verfahren.

Die Mörtel-Maschine von Leprince & Roger beruht im allgemeinen auf dem Prinzip der stehenden Thonschneider, und befinden sich an deren vertikalen Welle sichelartige Klingen, welche die Mörtelmasse beim Drehen durchstreichen und sie zugleich abwärts bewegen. Die in den oberen Rumpf eingegebenen Mörtelsubstanzen, gelangen schliesslich in gut gemischtem Zustande durch eine Bodenöffnung in einen untergeschobenen Behälter.

In neuerer Zeit wurden die Mörtelmaschinen nach dem Vorbilde der horizontal liegenden Thonschneider eingerichtet und hat die bekannte Firma C. Schlickeysen in Berlin deren Ausführung übernommen. Eine solche

Maschine mit Dampfbetrieb zu 4 — 5 Pferdekräften liefert pro Stunde 50 Hl. Mörtel. Nachdem sich diese Maschinen vollkommen bewährt haben, nicht allein durch Erzeugung einer ganz vorzüglichen Mischung, sondern auch durch Ersparniss an Arbeitslohn und Kalkmaterial, so wurden in einzelnen grösseren Städten Mörtelfabriken eingerichtet, welche den fertig zubereiteten Mörtel direkt auf die Baustelle liefern. Für den Transport solcher Fabrikmörtel verwendet man in Berlin eigens konstruirte Wagen[1]).

Bei der oft unverantwortlichen Art und Weise wie auf so vielen Bauten der Mörtel bearbeitet wird, möchte solche Einrichtung von jedem Baumeister zu begrüssen sein!!

Eine neue Methode Mörtel zu bereiten besteht darin, dass in einem hinreichend grossen Gefässe zunächst der Kalk mit etwas Wasser gelöscht und dann soviel Wasser zugesetzt wird, um einen dicken Brei zu bilden.

Nach Verlauf von 24 Stunden, während welcher Zeit man jede Abkühlung der Masse vermeidet, wird sie mit Wasser verdünnt, hierauf mit Zulassung der ungelöschten Theile in ein anderes daneben stehendes Gefäss geleitet und aus diesem in einen rotirenden, einen dicht mit Zacken besetzten Cylinder gehoben, der so lange gedreht wird, bis die Kalkmasse vollkommen gleichmässig zertheilt erscheint. Aus diesem Cylinder läuft sie, nachdem nunmehr das ganze Wasser zugesetzt worden ist durch ein feines Sieb in einen zweiten, etwas tiefer stehenden Cylinder in den inwendig ebenfalls gezackten Mischcylinder, in welchem unter fortwährend rotirender Bewegung des Cylinders der vorher gesiebte Sand in einem langsam kontinuirlichen Strom eintritt, um daselbst auf das Tüchtigste mit dem Kalk vermischt zu werden[2]).

Der Mörtel ist seiner verschiedenen Eigenschaften nach: A. **gemeiner Kalkmörtel** oder **Luftmörtel** und B. **Wassermörtel** oder **hydraulischer Mörtel** (Cement).

Ersterer erhärtet nur unter Luftzutritt, aber nicht wie letzterer unter Wasser, wird vielmehr von diesem ausgewaschen und zerfällt; man kann deshalb den Luftmörtel nur dort anwenden, wo es sich lediglich um einen Widerstand gegen die Luft handelt.

A. Luftmörtel.

Schwierig ist es, die Bedingungen aufzustellen, unter welchen bei gegebenen Verhältnissen die Herstellung des festesten und dauerhaftesten Mörtels möglich ist; an jedem Orte und bei jedem Baue wird man in Rücksicht auf die zu wählenden Mörtelsubstanzen beschränkt werden durch lokalen, sehr häufig gewiss auch durch pekuniäre Verhältnisse. Absolut

---

[1]) Mörteltransportwagen von H. Hilke siehe Thonindustrie-Zeitg. 1878 S. 437.

[2]) Aus E. Böhmers und Fr. Neumanns: Kalk, Gyps und Cement. S. 138.

normale Mörtelsubstanzen werden wohl niemals zu Gebote stehen. Es kommt daher auch nicht darauf an, diese zu suchen, sondern nur darauf unter gegebenen Verhältnissen die besten Mörtelsubstanzen zu wählen.

Kalk. Der Kalkstein, der zu Baukalk verwendet werden soll, darf ausser Feuchtigkeit und kohlensaurer Kalkerde nicht über 10 Prozent anderweitige erdige Bestandtheile enthalten. Im gebrannten Kalk darf dieser Gehalt an fremden erdigen Bestandtheilen nicht über 15 Prozent betragen. Im Kalkbrei (bestehend aus 60 Prozent Wasser und 40 Prozent Kalkerdehydrat) darf der Gehalt an fremden Bestandtheilen nicht über 5—6 Prozent betragen.

Im anderen Falle kann man einen guten Kalkmörtel nicht erwarten.

Sand. Der beste Sand ist in seiner äusseren Beschaffenheit mittelgrob, mit rauhen Begrenzungsflächen, scharfen Kanten und Ecken und ist dem feinkörnigen, abgerundeten und abgeschliffenen Sande vorzuziehen. Der Sand muss möglichst frei von Humus und Thon sein, sowie von allen fein vertheilten Niederschlägen oder Gemengtheilen. Wo Sand ohne diese letztere Beschaffenheit nicht zu erlangen ist, da muss ein Waschprozess mit dem Sande vorgenommen werden. Organische Bestandtheile, Zusätze von Häcksel, Kälberhaaren, Sägespähnen sind als Zusätze zum Sand resp. zum Mörtel ganz unzulässig, weil dieselben durch den Einfluss des Kalkes zu Humus umgewandelt werden und als solcher nachtheilig wirken. Quarzsand ist dem Kalk- und Dolomitsand vorzuziehen, grobkörniger, scharfkantiger Quarzsand mit 5—10 Prozent granitischen oder feldspathartigen Geschiebresten ist der beste Bausand. Wo diese Geschiebreste im Sande ganz fehlen, oder wo man nur Kalk- oder Dolomitsand zur Verfügung hat, wird man mit Vortheil dem Mörtel derartige Geschiebreste zuzetzen und wäre die zu wählende Form die des grobkörnigen Sandes; vorherrschende Feldspathgesteine würden hier den Vorzug verdienen. Fehlen diese, so würden Glimmer, Granit, Syenit oder andere Hornblendegesteine, immer mit Rücksicht auf ihren Gehalt an Alkali-Silikaten zu verwenden sein.

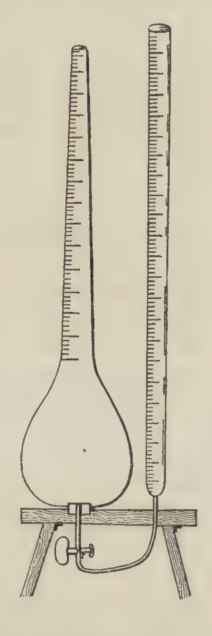
Wasser. Fluss-, Teich-, Regen-Wasser sind als Zusatz zum Mörtel verwendbar, weniger das gut trinkbare Brunnenwasser. Soolwasser, Seewasser, sowie alles Wasser mit bedeutenden Gehalten an Chlormetallen, Säuren, kohlensauren Salzen und Ammonverbindungen sind nicht zu gebrauchen.

Was das Mischungsverhältniss von Sand und Kalk bei der Luftmörtelbereitung anbetrifft, so hat man angenommen, dass jedes Sandkorn von einer zarten Hülle Kalkerdehydrats umgeben sein müsse, um so das Bindemittel zwischen den einzelnen Sandkornflächen bilden zu können. Nach Wolfram soll dem Sande genau soviel Kalk beigemengt werden, dass das Volumen des fertigen Mörtels nicht grösser sei, als das des dazu verwendeten Sandes. Um die Grösse der Zwischenräume im Sande kennen

zu lernen, bediene man sich eines Gefässes von bestimmtem kubischen Inhalte, fülle dasselbe mit angefeuchtetem Sande und übergiesse dasselbe mit Wasser, bis dieses die Oberfläche des Gefässes erreicht. Wenn man darauf das aufgegossene Wasser misst, hat man die Grösse der Zwischenräume im Sande gefunden, welche bei grobkörnigem mehr, bei feinem weniger betragen; da nach vorgenommenen Messungen die Zwischenräume zwischen $\frac{1}{3}$—$\frac{4}{10}$ und sogar die Hälfte der Sandmasse ausmachen, würde man unter Einhaltung dieser Grundsätze mehr Kalk gebrauchen, als gewöhnlich nothwendig erscheint.

Genauer lassen sich die Zwischenräume bestimmen durch das von H. Hauenschied konstruirte Psammometer, welches in Fig. 335 dargestellt ist. Man füllt den birnförmigen, unten durch einen Pfropfen geschlossenen Theil des Apparates mit Sand und zwar bis zur fixen Marke = 500 ccm.; durch den Pfropfen reicht ein mit feiner Leinwand überzogenes Glasrohr; lässt man nun von unten durch Oeffnen des Quetschhahnes, welcher an dem Verbindungsrohre aus Kautschuk zwischen dem Sandgefässe und einer Zuflussbürette angebracht ist, allmälig Wasser eintreten, so lagern sich durch kapillare Attraktion die Sandtheile sehr enge und ohne alle Hindernisse aneinander; die konische Form des Sandgefässes eliminirt dabei die Adhäsion an den Glaswänden und zeigt das Schmieden durch den engen Hals möglichst genau an. Um genaue Resultate zu erzielen, muss man das Wasserniveau der Bürette durch Abwärtsschieben derselben stets so reguliren, dass dasselbe etwas tiefer oder höchstens gleich hoch, wie das Niveau des Kapillarmessers in der Birne ist. Die Luft, sonst ein hartnäckig störendes Element bei genauen Beobachtungen, wird dadurch ganz leicht entfernt. Sobald das Sandniveau sich angefeuchtet zeigt, schliesst man den Quetschhahn und liest beide Niveaus ab. Das übergetretene Wasser giebt die Zwischenräume, auf das neue wirkliche Volum, wie es im Mörtel sich verhält, bezogen an. Dass man hiermit auch zugleich das spec. Gewicht bestimmen kann ist einleuchtend.


Fig. 335.



Auf diese Weise stellen sich z. B. die Zwischenräume von

Berliner Normalsand auf 31,35 pCt

Donausand von 5 mm. Korngrösse auf 32,59;

nach der älteren Methode ergaben sich die Zwischenräume von Donausand bedeutend höher, nämlich auf 41,05 pCt.[1]).

[1]) Die Mörtelsubstanzen von H. Hauenschied II. Th. S. 233.

Dr. Ziurek kommt bei dieser Frage in seiner Abhandlung über Mörtel in baupolizeilicher, technischer und chemischer Beziehung zu dem Resultate, dass zur Herstellung eines dauerhaften und reinen Kalkmörtels nächst den als erforderlich bezeichneten Qualitäten der Mörtelsubstanzen, diese in solchen Mischungsverhältnissen zusammenzusetzen sind, dass der trockene Mörtel 13—15 Prozent Kalkerdehydrat enthält und dafür hätten folgende Angaben als Anhalt zu dienen.

Mörtel aus 1 Volumen Kalkbrei und 3 Vol. Sand.	Mörtel aus 1 Volumen Kalkbrei u. 2 ½ Vol. Sand.	Mörtel aus 1 Volumen Kalkbrei und 2 Vol. Sand.
1 Kubikmeter Kalkbrei wiegt 32,4 Ztr. und enthält 19,6 Ztr. Wasser und 12,8 Ztr. Kalkerdehydrat.	1 Kubikmeter Kalkbrei wiegt 32,4 Ztr. und enthält 19,6 Ztr. Wasser und 12,8 Ztr. Kalkerdehydrat.	1 Kubikmeter Kalkbrei wiegt 32,4 Ztr. und enthält 19,6 Ztr. Wasser und 12,8 Ztr. Kalkerdehydrat.
3 Kubikmeter halbtrockener Bausand wiegen 83,4 Ztr. und enthalten 80,7 Ztr. trockenen Sand und 4,6 Ztr. Wasser.	2 ½ Kubikmeter halbtrockener Bausand wiegen 71 Ztr. und enthalten 67,4 Ztr. trockenen Sand und 3,6 Ztr. Wasser.	2 Kubikmeter halbtrockener Bausand wiegen 56,8 Ztr. und enthalten 54,8 Ztr. trockenen Sand und 2,8 Ztr. Wasser.
1 Kubikmeter Kalkbrei, 3 Kubikmeter Sand und 2 Ztr. Wasser geben 2 ½ Kubikmeter = 120 Ztr. nassen Mörtel.	1 Kubikmeter Kalkbrei, 2½ Kubikmeter Sand und 1,6 Ztr. Wasser geben 2 $^{3}/_{16}$ Kubikmeter = 105 Ztr. nassen Mörtel.	1 Kubikmeter Kalkbrei u. 2 Kubikmeter Sand und 1,2 Ztr. Wasser geben 1 $^{7}/_{8}$ Kubikmeter = 91,2 Ztr. nassen Mörtel.
120 Ztr. derartiger nasser Mörtel ist = 63,6 Ztr. trockenen Mörtels.	105 Ztr. derartiger nasser Mörtel ist = 80,2 Ztr. trockenen Mörtels.	91,2 Ztr. derartiger nasser Mörtel ist = 67,6 Ztr. trockenen Mörtels.
63,6 Ztr. dieses trockenen Mörtels enthalten 12,8 Ztr. Kalkerdehydrat, der Mörtel enthält mithin 13,6 pCt. Kalkerdehydrat.	80,2 Ztr. dieses trockenen Mörtels enthalten 12,8 Ztr. Kalkerdehydrat, der Mörtel enthält mithin 15,7 pCt. Kalkerdehydrat.	67,6 Ztr. dieses trockenen Mörtels enthalten 16,8 Ztr. Kalkerdehydrat, der Mörtel enthält mithin 18,8 pCt. Kalkerdehydrat.

Weiter giebt die Abhandlung folgende Resultate:

Der aus gebranntem Rüdersdorfer Kalk bereitete Kalkbrei ist sehr rein. Er besteht in frischem Zustande aus:

60,20 Gewichts-Prozenten Wasser
39,91 „ „ Kalkerdehydrat
0,41 „ „ kohlensaurer Kalkerde
0,09 „ „ Thon
0,34 „ „ Sand und Spuren von Gyps, Bittererde und Eisenoxyd.

Das spezifische Gewicht solchen Kalkbreies ist 1,308, und wiegt der Kubikmeter 1308 Kilogr.

Der verwendete Sand enthielt in dem Zustande, wie er zur Verwendung kam:

4,61 Gewichts-Prozente Wasser
0,65 „ „ Thon
94,64 „ „ Sand (Bruchstücke, überwiegend von Quarz, Granit, Gneis und anderen Silikaten in geringen Mengen) und Spuren von Kalkerde, Bittererde und Eisenoxyd.

Er hatte ein spezifisches Gewicht von 1,154, und 1 Kubikmeter desselben wog 1154 Kilogramm. Durch langjährige Erfahrung hat es sich ergeben, dass zur Bereitung eines guten Mörtels 1 Vol. aus Rüdersdorfer Kalk bereiteter Kalkbrei und 3 Vol. Sand erforderlich sind; gemischt geben diese 2½ Vol. Mörtel; dieser hatte ein spezifisches Gewicht von 1,961 und 1 Kubikmeter wog 1961 Kilogramm.

Der aus 1 Vol. Kalkbrei und 3 Vol. Sand gemischte Mörtel bestand aus:

19,61 Gewichts-Prozenten Wasser und
80,39 „ „ trockenem Mörtel.

Der trockene Mörtel bestand aus:

In Chlorwasserstoffsäure löslich:

1,80 kohlens. Kalkerde } = 12,29 Kalkerdehydrat oder 9,28
10,96 Kalkerdehydrat } Calciumoxyd
0,63 Eisenoxyd und lösliche Thonerde.

In Chlorwasserstoffsäure unlöslich:

0,98 Thon
86,51 Sand und Spuren von Gyps und Bittererde.

Nach Untersuchung alter Mörtel, die zweifellos aus gleichen Substanzen zusammengesetzt waren, hat Dr. Ziurek gefunden, dass ein muthmasslich 200jähriger Mörtel mit der Mischung von 1 Thl. Kalk und 3½ Thl. Sand sehr fest, weniger aber immer noch zureichend fest ein gleich alter Mörtel mit der Mischung von 1 Thl. Kalk und 4½ Thl. Sand war; am wenigsten fest zeigte sich ein 120jähriger Mörtel im beiläufigen Verhältniss von 1 Thl. Kalk und 2⅓ Thl. Sand gemischt.

Analyse eines altrömischen Mörtels, 1500 Jahre alt:

54,50	Sand
0,40	lösliche Kieselsäure
18,00	rothe Ziegelerde mit etwas ungebranntem Lehm
25,75	kohlensaurer Kalk
0,15	Schwefel-Kalk
0,08	kohlensaure Magnesia
0,05	Chlornatrium
	Spuren von magn. Eisenoxyd und Holzkohle
0,92	hygros. Wasser
99,85.	

Professor Manger macht in seinem Hülfsbuche zur Anfertigung von Bauanschlägen darauf aufmerksam, dass ausser dem Alter des Mörtels und der Kalkmasse darin, es augenscheinlich die Dichtigkeit sei, mit welcher die Sandkörner auf und neben einander liegen, sowie an der Oberfläche der berührten Steine lagern, die seine Festigkeit bedingen, denn mit der Dichtigkeit vergrössern sich die berührten Flächen und vermindern sich die Zwischenräume. Den Einfluss der vermehrten Dichtigkeit zu erproben, bediente sich Professor Manger eines sehr stark wirkenden Prägwerkes und fand nach Anwendung desselben, dass selbst Mischungsverhältnisse von 1 Thl. Kalk und 14 Thl. Sand eine solche Festigkeit erhielten, dass sich die auf's innigste in einander geschobenen Sandkörner nicht leicht mit dem Fingernagel von einander trennen liessen; in 2 Jahren waren sie zu vollständigen Sandsteinen mit kalkigem Bindemittel umgewandelt.

Aus den Versuchen, die Professor Manger über Luftmörtel gemacht hat, zieht er folgende Schlüsse:

a) Dass für Ziegelmauerwerk über der Erde, zu welchem die Ziegel nur mit der Hand aufgedrückt oder mit einigen Schlägen des Maurerhammers festgelegt werden, das mittlere Verhältniss der Kalk- zur Sandmischung wie 1 : 3, das höchste wie 1 : 1⅓, das niedrigste wie 1 : 4½ ist; dass das mittlere Verhältniss ein gutes, festes und dauerndes Mauerwerk, das an Kalkzusatz höhere ein noch festeres, aber sehr langsam erstarrendes, das an Kalkzusatz geringere Verhältniss ein minder festes, aber in kürzerer Zeit erstarrendes Mauerwerk giebt.

b) Dass zu Mauerwerk unter der Erde 1 Thl. Kalk und 3 Thl. Sand als ein ausreichend hohes, 1 Thl. Kalk und 4 Thl. Sand als das mittlere Mischungsverhältniss anzusehen ist, und dass dieses geringere Mischungsverhältniss sich rechtfertigt, weil die Kohlensäure zu dem unter der Erde liegenden Mörtel nur langsamen und sparsamen Zugang hat, weil in diesem Mauerwerk in folge des Druckes des darüber befindlichen die Fugen stärker gepresst, also die Sand-

körner inniger unter sich und an die Steine angeschoben werden, weil auch der unter der Erde gelegene Mörtel lange genug weich bieibt, um jedem Drucke nachzugeben.

c) Dass für Mauerwerk von dichten und besonders grossen Bruchsteinen der Mörtel weniger fett, wie für Ziegel oder poröse Bruchsteine zu verwenden ist, weil auch hier die Luft wesentlich nur durch die Fugen, also sparsamen Zugang hat, und weil grosse Steine schon durch ihr Gewicht eine starke Pressung auf den Mörtel ausüben.

d) Dass die ausreichende Festigkeit des Kalksandbaues bei einer Mörtelmischung von 9 — 14 Thl. Sand auf 1 Thl. Kalk sich auf die durch die Pressung bewirkte Dichtigkeit des Mörtels gründet.

Bei der Mischung des Luftmörtels findet, wie bereits erwähnt worden ist, eine bedeutende Verdichtung der Substanzen statt (1 Vol. Kalk und 3 Vol. Sand geben 2½ Vol. Mörtel); diese entsteht zum Theil durch die Absorption der zwischen den Sandtheilen angehäuften Kohlensäure. Diese Absorption der Kohlensäure geht von der in dem Kalkbrei vorhandenen Kalkerdekydrat-Lösung aus, aus welcher kohlensaurer Kalk in fester Form ausgeschieden wird.

Diesem ersten Vorgange der Mörtelbildung folgt der des weiteren Erhärtens. Steht frisch gemischter Mörtel nur kurze Zeit an der atmosphärischen Luft, so bedeckt er sich mit einem feinen Häutchen; dies besteht aus kohlensaurer Kalkerde, die aus der im Innern des Mörtels erneuerten Kalkerdehydrat-Lösung durch den Einfluss der in der atmosphärischen Luft befindlichen Kohlensäure gefällt wird. Dieses Häutchen überzieht die Oberfläche der obersten Sandschicht sehr dicht, ebenso die Schicht der Mauersteine, in deren sämmtlichen Poren kohlensäurehaltige Luft befindlich gewesen ist. Immerhin erscheint überall dort, wo ein Niederschlag von kohlensaurer Kalkerde aus der Lösung von Kalkerdehydrat sich bildet, dieser in ausserordentlich subtiler Form; Krystalle sind in diesem Niederschlage nicht zu entdecken. Die Adhäsion desselben an den Flächen, auf denen der Niederschlag geschieht, ist aber sehr gross; dies ist zumal bei Backsteinen der Fall, deren Flächen sehr porös sind, weil hier der sich bildende kohlensaure Kalk in die Poren sich eindrängt. Hierdurch erklärt sich das schnelle „Binden“, welches sich bei Anfertigung von Backsteinmauerwerk beobachten lässt, sobald die einzelnen Steine „satt“ in den Mörtel eingelegt werden. So lange in dem Mörtel hinreichend viel Feuchtigkeit vorhanden ist, wird durch diese an Stelle des zu kohlensaurer Kalkerde verwandelten Kalkerdehydrats, das im Mörtel in Substanz vorhandene Kalkerdehydrat von Neuem gelöst. Tritt nun Kohlensäure von aussen an die Kalkerdehydrat-Lösung heran, so wird daraus von Neuem kohlensaurer Kalk gefällt. Die Bildung von kohlensaurer Kalkerde und die Erhärtung des Mörtels geschieht demnach von

aussen nach innen. Zu gleicher Zeit mit dem Vorgange der Bildung von kohlensaurer Kalkerde geht eine Verdampfung von Wasser aus dem Mörtel vor sich. Das Verhältniss, in welchem diese stattfindet, ist von grossem Einfluss auf die Weitererhärtung des Mörtels. Geht die Verdampfung sehr rasch und durch die ganze Mörtelmasse oder von einer grossen Fläche aus vor sich, verliert sich also die Feuchtigkeit im Mörtel schnell, und kann der Prozess der Lösung von Kalkerdehydrat nicht mehr erfolgen, so tritt die Kohlensäure der Luft in die Poren des Mörtels und an das noch in Substanz im Mörtel vorhandene Kalkerdehydrat und verwandelt dann diese feste Kalkerdehydrat in kohlensaure Kalkerde. Diese Verwandlung des nicht in Lösung sondern in Substanz vorhandenen Kalkerdehydrats zu kohlensaurer Kalkerde steigert die Festigkeit des Mörtels nicht mehr wesentlich. Der Zeitpunkt, in dem diese Verwandlung eingetreten ist, bezeichnet die Gränze der Mörtelerhärtung überhaupt. Ist sie vollendet — und dies geschieht, wenn keine Feuchtigkeit mehr vorhanden ist, sehr schnell — so ist dann der Mörtel eine todte Masse, in welcher die charakteristischen Wechselwirkungen des Mörtelbildungsprozesses nicht mehr stattfinden können. Geschieht dagegen die Verdampfung der Mörtelfeuchtigkeit langsam von innen nach aussen und nur auf einer geringen Oberfläche, wird mithin der Prozess der wechselseitigen Ausscheidung von kohlensaurer Kalkerde und Lösung von Kalkerdehydrat lange Zeit fortgesetzt, so zwar, dass das vorhandene Quantum Kalkerdehydrat möglichst vollständig in Lösung übergeführt und aus dieser in kohlensaure Kalkerde umgewandelt wird, so wird der solcher Art gebildete Mörtel ungleich fester sein. Es kann daher unter günstigen Verhältnissen aus einem reinen Kalksand-Mörtel ein sehr fester Mörtel gebildet werden. Auch ergiebt sich daraus, dass unter veränderten Umständen aus denselben Mörtelsubstanzen und denselben Mischungsverhältnissen ein verschieden fester Mörtel entstehen kann.

Hieraus erklärt sich, dass künstlich oder schnell getrockneter Mörtel gar keine Festigkeit hat, sondern wie trockener Sand auseinanderfällt; darum erhält künstlich getrocknetes oder in heisser Witterung gefertigtes Mauerwerk, namentlich bei dünnen Wänden, wenig Festigkeit; ebensowenig dasjenige Mauerwerk, bei dessen Anfertigung man das Wasser gespart hat; dagegen wird das bei mildem Wetter ausgeführte oder starke Wände bildende und mit vielem Wasser durchnetzte Mauerwerk das festere, sowie im allgemeinen das Mauerwerk unter der Erde zwar später seine Festigkeit erlangt, aber fester wird, als das unter gleichen Umständen über der Erde aufgeführte.

Hiernach ist es denn ein unverkennbarer, namentlich bei vielen bürgerlichen Bauten begangener Fehler, dass bei ihrer Aufführung das Wasser sparsam angewendet wird, dass man den Grundsatz beobachtet, ein neues Gebäude ohne Belästigung durch Mauernässe schnell bewohnbar zu machen,

das angelegte Kapital schnell zu verzinsen, und hat sich dieser Fehler schon vielfach auf's schwerste gerächt!

Noch gefährlicher aber ist es, den Mörtel der Sparsamkeit wegen mit Lehm zu versetzen, wie dies hin und wieder aus vollständiger Unkenntniss auf dem Lande wohl noch vorkommt, wo man ein solches Gemisch mit dem Namen Sparkalk belegt.

Der im Lehm oder im Lehmsand vorhandene Thon verhindert geradezu jede Bildung eines bindenden Mörtels; Thon ist ein von Kalkerdehydrat bei der gewöhnlichen Temperatur nicht aufschliessbares Silikat und verhindert wegen seiner subtilen Beschaffenheit, seiner leichten Suspendirbarkeit im Wasser und der daraus erfolgenden Einhüllung der Sandkörner in hohem Grade die unmittelbare Beziehung des Kalkerdehydrats zu diesen; er verhindert dadurch die erste Bedingung der Mörtelbildung: den auf den Sandkörnern erfolgenden dichten Ansatz von kohlensaurer Kalkerde. In Berührung und Mischung mit Thon scheidet sich im Mörtel die kohlensaure Kalkerde nicht als feste, bindungsfähige, sondern als lose, kohlensaure Kalkerde ab, und es unterliegt keinem Zweifel, dass Thon dem Mörtel untermischt, diesem im höchsten Grade schädlich ist, und muss ein Kalkmörtel, wenn dessen Kalkerdehydrat auch 6 Prozent des Mörtels übersteigt, dabei aber gleiche oder grössere Mengen ungebrannten, fein suspendirten, aus thonigen Materialien (Lehm, Lehmsand, Mergel) stammenden Thon enthält, doch als vollkommen unbrauchbar bezeichnet werden.

Verschiedene chemische Analysen älterer Mörtelsorten haben häufig in denselben kieselsauren Kalk nachgewiesen, und es wurde daher die Ansicht aufgestellt, dass Aetzkalk und Quarzsand Kalksilikate zu bilden im Stande seien; aber dies ist ein Irrthum, denn neuere Forschungen haben nachgewiesen, dass die Bildung solcher Kalksilikate ihre Begründung stets nur in löslichen Stoffen findet, welche der Sand enthält; enthält derselbe Geschiebreste feldspathreicher Gesteine, so ist sofort die Bedingung zur Bildung von Thon-, Kiesel-, Kalk-Bindemitteln gegeben, diese Bildung geht neben der von Kalkbindemitteln vor sich, und ist der Vorgang folgender:

Vorausgesetzt dafür muss werden ein langsamer Verdampfungsprozess der in dem Mörtel vorhandenen Feuchtigkeit; findet dieser nicht statt, so ist auch die Bildung von Thon-, Kiesel-, Kalk-Bindemitteln ausgeschlossen.

Eingeleitet wird der Prozess durch die Einwirkung von Aetzkalk auf die feldspathigen Gesteine; die Doppelsilikate, woraus diese bestehen (kieselsaure Thonerde und kieselsaure Alkalien) werden durch den Aetzkalk aufgeschlossen und in dem Silikate das Alkali und zugleich auch die Thonerde durch Kalk ersetzt. Aetz-Alkalien mit Thonerde in Lösung werden ausgeschieden. Aetz-Alkalien in Berührung von Quarzsand lösen Kieselsäure. Gelöste Kieselsäure und Thonerde treffen auf unveränderten Aetzkalk und bilden Thon-Kiesel-Kalk, welche Verbindung, indem sie erhärtet, die in der Nähe befindlichen Mörtelsubstanzen ausserordentlich fest zusammen-

kittet und dort, wo sie sich über grosse Strecken ausdehnt, denselben ein glasig geschmolzenes Ansehen giebt. Werden Kieselsäure und Thonerde auf diese Weise aus der Lösung des Alkalis durch den Kalk ausgeschieden, so wird das Alkali wieder frei. Freies Alkali löst wieder Kieselsäure und wenn Thonerde vorhanden, auch diese und wird, wenn die Lösung wtederum auf Kalkerdehydrat trifft, von Neuem der Kieselsäure und Thonerde beraubt, um aufs Neue ätzend zu werden, Kieselsäure zu lösen und deren wiederum durch den freien Kalk beraubt zu werden. Ein Mörtel, in welchem die Bildung der erwähnten Bindemittel vor sich geht, ist ein thätiger Mörtel. So lange die erwähnten Bedingungen geboten sind, nimmt seine Festigkeit zu. Verliert ein Mörtel eine der bezeichneten Bedingungen oder beide, d. h. verliert er im Innern seine Feuchtigkeit ganz oder ist seine ganze Kalkerdehydratmenge verbraucht, so ist er ein todter Mörtel, dessen Festigkeit alsdann eine stillstehende ist, und dessen Dauer nur von der bis zu diesem Zeitpunkt erlangten Festigkeit abhängt.

Vielfache Versuche über die Widerstandsfähigkeit, die verschieden gemischte Mörtelarten dem Zerdrücken sowohl sls der Zerstörung durch die Witterung entgegensetzen, sind von Dr. Ziurek angestellt und in der Berliner Bauzeitung, Jahrgang 1861, Seite 55 und 59, mitgetheilt worden; aus diesen höchst interessanten Versuchen werden folgende wichtige Sätze abgeleitet:

1. dass aus denselben Mörtelsubstanzen je nach ihrer verschiedenen technischen Handhabung und Verwendung und unter verschiedenen atmosphärischen Einflüssen Mörtel mit blossem Kalk-Bindemittel und Mörtel mit Thon-, Kiesel-, Kalk-Bindemitteln entstehen können,
2. dass Mörtel mit blossem Kalk-Bindemittel weniger fest und weniger widerstandsfähig sind, als Mörtel mit Thon-Kiesel-Kalk-Bindemittel, und für unvollkommene, unter ungünstigen Verhältnissen entstandene Mörtel zu halten sind und,
3. dass daher auch nur Mörtel mit Thon-Kiesel-Kalk-Bindemittel als vollkommene und normale Mörtel zu gelten haben, und die Mörtelbereitung immer auf die Herstellung dieser gerichtet sein muss.

Aus diesem Grunde erscheint es gerathen und ist bereits in die Praxis eingeführt, dem Luftmörtel behufs seiner normalen Erhärtung Cemente beizumischen, die kieselsaure Thonerde und kieselsaure Alkalien mit sich führen; so wurde beim neuen Börsengebäude in Berlin mit besten Erfolgen ein Mörtel verwendet, dem man auf 4 Tonnen gebrannten Kalk je eine Tonne Portland-Cement zumischte, wobei es vorteilhaft erscheint dass Kalk-Mörtel und Cement-Mörtel für sich gemischt werden, um dann erst das Gemisch von Cement-Mörtel und Kalk-Mörtel aus den fertig gemischten

Mörteln herzustellen; bei den wichtigen Eisenbahn- und Tunnel-Bauten der Strecke Cöln-Bingen wurden 1 Th. Robins'scher Portland-Cement mit 3 Th. Sand und gleichzeitig 1 Th. Kalk und 3 Th. Sand, jedes besonders zu einem fertigen Mörtel verarbeitet, und dann beides innig mit einander vermengt, welche Mischung ein vorzügliches und billiges Bindemittel darstellte.

Professor Manger hat über solche Gemenge von Portland-Cement und Kalk höchst interessante Versuche angestellt; Berliner Bauzeitung, Jahrgang 1859, Seite 534. Er vermengte Portland-Cement einmal mit gebranntem Kalkpulver, das anderemal mit Kalkbrei und beobachtete das Verhalten dieser Gemenge in bezug auf die Zeit der Erhärtung, dann auf die Festigkeit; er fand dabei die besseren Resultate durch das letzte Mischungsverfahren mit Kalkbrei, und sollen diese in der umstehend mitgetheilten Tabelle Platz finden.

Ueber den Einfluss einer Beimischung von Kalk zu Cementmörtel bei dessen Anwendung zu Hoch- und Wasserbauten hat R. Dyckerhoff-Amöneburg umfassende Untersuchungen angestellt; so wurden dem Portland-Cementmörtel verschiedene Zuschläge von Fettkalk gegeben, und es ergaben die daraus gefertigten Probekörper, dass magere Cementmörtel bei steigendem Kalkzusatze bis zu einer gewissen Grenze dichter werden, und dass in folge dessen auch ihre Festigkeit zunimmt. Damit übereinstimmend, nimmt auch das Gewicht der Probekörper zu. Geht man mit dem Kalkzusatze aber höher, so verringert sich die Dichtigkeit und damit auch die Festigkeit der Mörtel, wobei die Probekörper an Gewicht abnehmen, so dass fette Cementmörtel durch Kalkzusatz verschlechtert, dagegen magere verbessert werden. Ferner wurde konstatirt, dass die Druckfestigkeit und Dichte eines Mörtels aus 1 Th. Cement und 5 Th. Sand bei 1 Gewichtstheil Kalkbrei ihr Maximum erreichen, während die Zugfestigkeit sich schon bei einem Zusatze von nur 1/4 Kalkhydrat auf höchster Höhe befand; dabei erhärteten solche Cementkalkmörtel gleich gut sowohl an der Luft, als auch unter Wasser. — Wie stark die hydraulischen Eigenschaften dieser Mörtel sind, liess sich dadurch entnehmen, dass selbst Probekörper aus 1 Th. Cement, 10 Sand und 3 Th. Kalkbrei im Wasser vollständig erhärteten, nachdem sie vorher 24 Stunden der Luft ausgesetzt blieben. — In bezug auf Druckfestigkeit ergab sich das interessante Resultat, dass Probekörper aus 1 Th. Cement, 7 Th. Sand und 1 Th. Kalkbrei gleichwerthig sind mit solchen aus 1 Th. Cement und 5 Th. Sand ohne Kalkzusatz! — Giebt man mageren Cementmörteln geringe Kalkbrei-Zuschläge, so steigert dies in nicht unbedeutendem Grade auch ihre Adhäsionsfähigkeit; so wurde durch Versuche festgestellt, dass die Adhäsion eines Cementmörtels aus 7 Th. Sand und 1 Th. Kalkbrei fast der Adhäsion eines reinen Cementmörtels mit 3 Th. Sand gleichkam. — Die Cementkalkmörtel bilden somit ein schätzbares Material für die Baupraxis, besonders in solchen Fällen, wo man von dem Mörtel nicht die hohe Festigkeit beansprucht, welche nur der fette Cement-

mörtel mit 2 oder 3 Th. Sand erreicht. Zum Schlusse seines Referates erwähnt R. Dyckerhoff eines Mörtels aus 1 Th. Cement, ½ Th. Kalkhydrat und 7 Th. Sand, den er mit bestem Erfolge selbst bei Frostwetter zu verschiedenen Bauten angewendet habe!

Endlich ist der Einfluss in der Erhärtung des Luftmörtels nicht zu übersehen, welcher von den Bausteinen herrührt, wenn sie feldspathhaltig oder gebrannte oder vulkanische Steine sind; im ersteren Falle wird sofort die vorher beschriebene Wechselzersetzung mit dem Kalk eintreten, und wird sich an den Berührungsflächen des Bausteins mit dem Mörtel Thon-Kiesel-Kalk bilden und Aetz-Alkali ausscheiden: Kieselsäure und Thonerde werden von diesem gelöst, durch Zusammentreffen mit dem in der Umgebung gelagerten überschüssigen Aetzkalk wird Thon-Kiesel-Kalk gebildet und wiederum Aetz-Alkali ausgeschieden, welches seinen Weg und seinen Bildungsprozess weiter fortsetzt. Beim Backstein-Mauerwerk und dem aus vulkanischen Steinen findet der Kalk des Mörtels an den Verbandflächen ebenfalls Kiesel- und Thonerde in dem für ihn durch das Feuer aufgeschlossenen Zustande, und bildet sich in folge dessen daselbst ein Kalksilikat, das fest an dem Steine anhaftet und bei ordnungsmässiger Erhärtung des Mörtels mit diesem in festem Zusammenhange bleibt. Auf diesen Vorgang gründet sich der Vorzug, den Ziegel und vulkanische Bausteine in bezug auf die Festigkeit eines mit diesen aufgeführten Mauerwerkes haben, dass es deshalb vorzuziehen ist, zum Beton und zum Ausschlagen der Fugen im Bruchsteinmauerwerk sich scharf gebrannter Ziegel statt der Bruchsteine nichtvulkanischen Ursprungs zu bedienen. Es ist bekannt, dass sich Kalk von den Oberflächen der gebrannten Steine nur mittelst Säuren enfernen lässt, es verlieren also diese Steine den Vorzug, wenn sie ein zweitesmal vermauert werden, und es sind alte Ziegel nicht besser als natürliche Steine nichtvulkanischen Ursprungs, wie Kalk- und Sandsteine, Grauwacke etc.

Es mögen hier noch einige vielfach in der technischen Literatur empfohlene Vorschriften Platz finden zur Herstellung von Luftmörteln.

Schon in der Mitte des vorigen Jahrhunderts hat der Loriot'sche Mörtel viel von sich reden gemacht, und wird derselbe nach Gilly folgendermassen hergestellt: „Man mischt 2 Volumina durchgesiebtes Ziegelmehl, 2 Volumina eines Gemenges von feinem Sand mit soviel abgelöschtem Kalk in hinreichender Menge, um mit den beiden ersten Ingredienzien und dem Wasser in der Grube einen Mörtel von gewöhnlicher Konsistenz zu erhalten, welcher hinreichend Feuchtigkeit besitzt, um den hierauf zuzusetzenden ungelöschten Kalk genau zu sättigen. Dieser lebendige Kalk, welcher frisch bereitet und vollkommen durchgebrannt sein muss, wird zuerst für sich fein gepulvert und hierauf in dem Verhältniss wie das Ziegelmehl zugesetzt; ist er nicht ganz frisch, so muss mehr davon genommen werden."

Mischungs-verhältniss von Cement und Kalk.	Beobachtungen nach								
	4 Tagen.	5 Tagen 17 Stunden.	11 Tagen 18 Stunden.	18 Tagen	4 Wochen 4 Tagen.	7Wochen 3 Tagen.	9 Wochen.	11 Wochen 4 Tagen.	13 Wochen
Reiner Cement	sehr schwer stechbar.	sehr schwer stechbar und steinig.	die obere Schale weich, unten fest.	ganz fest, oben eine schwache weiche Schicht.	das Glas gesprungen.	steinfest.			
$^1/_8$ Kalkzusatz	schwer stechbar.	schwer stechbar.	der obere Theil schwer stechbar, der untere fest.	fest.	fest. Glas gesprungen.	ganz fest.	steinfest.		
$^1/_4$ „	schwer stechbar.	schwer stechbar.	der obere Theil schwer stechbar, der untere fest.	fest.	fest. Glas gesprungen.	ganz fest.	steinfest.		
$^1/_2$ „	weich.	ziemlich weich.	ziemlich leicht stechbar.	zieml. schwer stechbar.	zieml. schwer stechbar.	ziemlich schwer stechbar.	bis auf 3 cm. Tiefe leicht, dann schwer stechbar.	bis auf 3 cm. Tiefe leicht, dann schwer stechbar.	bis auf 1,5cm. Tiefe stechb., dann sehr schwer.
1 „	weich.	weich.	weich.	weich.	weich.	weich.	zieml. weich.	nicht ganz weich.	etwas schwer stechbar.

Nach einer anderen Vorschrift besteht der Loriot'sche Mörtel aus 2 Th. Kalk, 2 Th. Ziegelmehl und 3 Th. Sand, oder aus 2 Th. Kalk, 3 Th. Ziegelmehl, 3 Th. Sand, und wird diesen Mischungen 2 Th. gepulverter ungelöschter Kalk beigemengt.

Robert Smirke hat in ähnlicher Weise in England den frisch gebrannten gepulverten Kalk als Beigabe zum Mörtel warm empfohlen; er stellte Mischungen her aus frisch gebranntem und gepulvertem Kalk, der trocken mit Sand und Gruss innig vermengt wurde; erst nachdem dies geschehen, wird Wasser hinzugefügt, und das Ganze so rasch als möglich von zwei Arbeitern zu einem steifen Brei angerührt. Die so erhaltene Masse wird dann ebenfalls möglichst schnell von hohen Gerüsten in die Baugrube geworfen, dort geebnet, gerammt und gestampft. Das Gemisch erhitzt sich mässig während des Löschens des Kalkes und beginnt so rasch anzuziehen, dass wenn nur die Masse gehörig geebnet ist, man sie zur Fundation selbst der bedeutendsten Gebäude sofort benutzen kann.

Vor einigen Jahren hat Dr. Artus mit ähnlichen Mörteln manipulirt, und wie die Berichte besagen, ganz vorzügliche Resultate erzielt; nach diesen wurde 1 Th. gut gelöschter Kalk mit 3 Th. Sand sorgfältig gemischt und dem Gemenge unmittelbar vor dem Gebrauche ¾ Th. ganz fein zertheilter ungelöschter Kalk zugesetzt und sodann das Ganze gut durcheinander gearbeitet. Der so zubereitete, zu einer Fundationsmauer verwendete Mörtel war nach 4 Tagen bereits zu einer festen Masse erstarrt, so dass ein spitzes Eisen nicht mehr hineingedrückt werden konnte; auch haftete derselbe mit gleicher Festigkeit an den Steinen des Mauerwerks; nach 2 Monaten hatte er Steinhärte erlangt.

Hofrath Fuchs, unbestritten eine Autorität in der Mörtelfrage, hat sich (1829) über den Loriot'schen Mörtel (siehe I. Band Seite 110) sehr wegwerfend ausgesprochen; andererseits ist es immer bedenklich, dass diese Mörtel — wenn sie wirklich so Vorzügliches leisten — nicht allgemeinere Verwendung finden. Dass ganz fein zertheilter Kalk, in eine grosse Masse gewöhnlichen Mörtels eingemengt, eine so bedeutende Erhärtung hervorzubringen vermöge, ist nicht leicht erklärlich, da hierbei die ungelöschten Kalkpartikelchen sich zwar in Kalkhydrat umwandeln werden, ohne dabei zu gedeihen und ohne bedeutende Wärmeentwickelung; steht ja doch fest, dass wenn man gebrannten Kalk trocken mit Sand zerreibt und setzt diesem innigen Gemenge Wasser zu, man gar keinen Mörtel erhält; es wird weder eine lebhafte Wärmeentwickelung, noch ein „Gedeihen“ des Kalkes bemerkbar; einem solchen Gemenge fehlt die rahmige Beschaffenheit des normalen Mörtels, und verhält sie sich nicht viel anders als ein Gemisch von blossem Sand und Wasser; es werden die einzelnen Theile des gebrannten Kalks von dem Sande auseinander gehalten, und wird die bei der Hydratbildung sich entwickelnde Wärme verhindert, im Sinne des normalen Löschprozesses zu wirken. Zu einem

guten Mörtel ist aber die blosse Aufnahme von Hydratwasser nicht genügend, und ist das Gedeihen eine unerlässliche Bedingung, es ist schon weiter oben auch darauf aufmerksam gemacht worden, dass wenn man Kalk mit zu wenigem Wasser löscht, nur hydratisirter Kalk entsteht, der nicht zum Gedeihen kommt und als „verbrannt“ bezeichnet wird.

Nimmt man aber an, dass zu den Loriot'schen Mörteln der ungebrannte Kalk in so grosser Masse beigesetzt wird, dass er bei der Aufnahme seines Hydratwassers wirklich gedeiht, wobei er natürlich der nassen Mörtelmasse einen Theil seines Wassers entziehen muss, so wird jedenfalls eine beträchtliche Ausdehnung der Masse sich ergeben, die keineswegs der Festigkeit des Mauerwerks zu gute kommen möchte; jedenfalls wäre es wünschenswerth, über die Loriot'sche Mörtelfrage eingehende Versuche anzustellen, um auch in dieser Angelegenheit „etwas mehr Licht“ zu gewinnen.

Unter den vielfachen Mörtelrezepten sind noch erwähnenswerth: um einen schnell bindenden Mörtel herzustellen, füllt man ein Gefäss mit Wasser und wirft einige Stücke ungelöschten Kalk hinein, wodurch man Kalkwasser erhält; eine andere Quantität ungelöschten Kalks wird mit Wasser besprengt, bis derselbe zu Mehl zerfällt; dieses Kalkmehl wird gesiebt, und dann 2 Th. Kalk, 2 Th. Ziegelmehl und 3 Th. Sand — alles trocken — zusammengemengt; zum Anmachen verwendet man das vorerwähnte Kalkwasser und stellt damit eine Masse von der Konsistenz des gewöhnlichen Mörtels her. Die Masse erhärtet schnell und wird äusserst fest. Bei dem Vorhandensein einer grossen Quantität Kalkwasser wird sich unter Zutritt der kohlensäurehaltigen Luft, kohlensaurer Kalk in Menge ausscheiden und bindend wirken.

Ein vorzüglicher Mörtel ohne Sand wird hergestellt: Man mischt 1 Zentner zu Pulver gelöschten Kalk und 2 Zentner durch ein feines Drahtsieb geschlagene Torf-, Steinkohlen- oder Braunkohlenasche und macht sie mit Wasser zu einem dicken Brei an; hierzu setzt man eine Lösung von 0,50 Kilogr. Wasserglas von 33 Prozent in etwa 3 Theilen Wasser; das Ganze wird gut durchgearbeitet.

Einen vorzüglichen Mörtel mit Sand erhält man: Ein Zentner zu Pulver gelöschter Kalk, 1 Zentner reiner Quarzsand, 2 Zentner durch ein grobes Drathsieb geschlagene Torf-, Steinkohlen- oder Braunkohlenasche werden mit Wasser angerührt und diesem dann die gleiche Wasserglaslösung wie vorher beigesetzt.

Beide Mörtel erhärten in 7—8 Tagen zu einer steinfesten Masse, welche sich gleich gut sowohl in der Luft als im Wasser bewährt hat.

Gewöhnlicher Luftmörtel, beim Mauerwerk unter der Erde verwendet, braucht besonders bei dicken Mauern sehr lange um jenen Grad von Festigkeit zu erhalten, der ein weiteres „Sichsetzen“ des Mauerwerks nicht mehr erwarten lässt. Beobachtet man ja doch bei vielen Gebäuden, dass

oft mehrere Jahre vergehen, ehe im Mauerwerk absolute Ruhe eintritt. Um nun möglichst bald ein widerstandsfähiges Fundamentmauerwerk zu erhalten, verwendet man wohl schnell erhärtende Mörtel und in erster Linie hydraulische Mörtel, bei denen der Prozess der Erhärtung sofort eintritt. Dieses sofortige Erhärten hat bei Herstellung von umfassenden Fundamenten seine vielen Schattenseiten, besonders da alle hydraulischen Mörtel — wie dies später spezieller erklärt werden wird — in ihrer Erhärtung an gewisse Bedingungen geknüpft sind, die in ihrer Gesammtheit nicht immer vollständig sich erfüllen lassen.

Grosse Massen hydraulischen Mörtel anzufertigen und im gewöhnlichen Mauerwerk zu verarbeiten, hat in der praktischen Durchführung viel Unbequemes, und aus diesem Grunde verarbeitet man in Süddeutschland bei Fundationsmauerwerken mit Vorliebe einen Mörtel, den man aus dem sogenannten „schwarzen Kalk“ herstellt.

Diese sogenannten schwarzen Kalke sind durchgehends durch bituminöse Bestandtheile dunkel gefärbt und enthalten stets eine mehr oder weniger grosse Beimengung von Thon. So wird in München ein schwarzer Kalk verarbeitet, welcher der ältern oder oligocänen Molasse Südbayerns angehört. Dieses Gestein (Stinkkalk) ist ein bituminöser, graulich-weisser bis schwärzlicher, eigenthümlich dünnschiefriger Süsswasserkalk, welcher bei Oberkammerlohe (Tölz) von äusserst schwachen Pechkohlenflötzchen begleitet, Land- und Süsswasserschnecken in sich einschliesst; dabei erscheint dies Gestein mit einem Gewirre zahlreicher pflanzlicher Theile, zum theil zersetzten Torfpflanzen, zum theil Süsswasseralgen durchsetzt, die als ein förmlich verfilztes Gewebe zurückbleiben, wenn man den kohlensauren Kalk durch Säuren entfernt; beim Glühen entwickeln sich Dämpfe, und machen sich Theeröle durch ihren brenzlichen Geruch geltend; beim Behandeln mit Säuren löst sich der grössere Theil des Gesteins, und weist die Lösung Eisen, Kalk, Magnesia, Kohlensäure, etwas Kieselsäure, dann Spuren von Phosphorsäure; Schwefelsäure und Salzsäure nach; der unlösliche Rückstand dagegen enthält Kieselsäure, Thonerde und Spuren von Eisen. Die quantitative Analyse ergiebt folgende Zusammensetzung:

a) in Lösung:	Kalk	43,65
	Magnesia	3,20
	Eisenoxyd	2,20
	Kieselsäure	0,10.
b) im Rückstand:	Kieselsäure	6,15
	Thonerde	2,20
	Eisen	0,85.

Demnach besteht das Gestein der Hauptsache nach aus kohlensaurem Kalk, Kieselsäure, Magnesia und Thonerde.

Das Gestein wird bei einer mässigen Ofenhitze gebrannt, so dass es nicht versintert und auch seine Kohlensäure nicht vollständig verliert.

Zur Herstellung des Mörtels wird dann das gebrannte Material unter einer Sanddecke gelöscht und sofort mit dem Sande zum Mörtel verarbeitet.

Die hydraulischen Eigenschaften der Kieselsäure sowohl als der Thonerde veranlassen in diesem Mörtel einen Erhärtungsprozess, der wesentlich von dem im reinen Luftmörtel vor sich gehenden verschieden ist, und der im folgenden Kapitel seine nähere Erläuterung findet.

In die Kategorie der todten Mörtel gehört eine grosse Reihe von Wassermörteln (Cemente).

B. Wassermörtel, hydraulischer Mörtel, Cement-Mörtel.

Die Fähigkeit, in zerkleinertem Zustande mit Wasser in Berührung gebracht, zu einer steinharten Masse zu erstarren, besitzt eine ziemlich grosse Gruppe von Stoffen, die man hydraulische nennt, und es beruht deren Erhärtung, wie man allgemein angenommen hat, auf der Bildung chemischer durch Wasser unlöslicher Verbindungen; die Prozesse, die sich nun in den oft sehr verschieden zusammengesetzten Wassermörteln bilden können, sind trotz der eingehendsten Forschungen noch immer nicht in der Weise klar gelegt, dass darüber übereinstimmende Resultate vorliegen. Bei der Komplizirtheit der möglich werdenden Verbindungen in den Wassermörteln erscheint es räthlich, das Verhalten der einzelnen Stoffe in bezug auf ihre Hydraulizität je für sich in's Auge zu fassen, und in diesem Sinne werden hier der Reihe nach der Kalk, die Kieselsäure, die Thonerde, das Eisen- und Manganoxyd, dann endlich die Magnesia zu betrachten sein in sofern sie hydraulische Eigenschaften besitzen.

Der kohlensaure Kalk spielt nach den Untersuchungen von A. R. Schulatschenko über den basisch kohlensauren Kalk in den hydraulischen Cementen eine wichtige Rolle, sobald diese mit Meerwasser in Berührung kommen. Das im Meerwasser enthaltene Chlormagnesium wird nämlich mit den Kalk- und Thon-Silikaten in Wechselwirkung treten und dadurch deren Erhärtungsprozess stören; diese schädliche Einwirkung der Seesalze wird aber durch die Kohlensäure paralysirt; diese wenn auch in geringen Mengen im Wasser gelöst, tritt an das in jedem hydraulischen Mörtel vorhandene freie Kalkhydrat, auch theilweise mit dem an Kieselerde gebundenen Kalk zu kohlensaurem Kalk, wobei letztern Falls sich Kieselerde abscheidet. Hierdurch wird das Erhärten bedeutend gesteigert, da der kohlensaure Kalk mit der ausscheidenden Kieselsäure und den ungelösten Silikaten eine unlösliche feste, vom Wasser nur schwer zu durchdringende Schicht bildet, also das Eindringen des Wassers erschwert. Die

sich erzeugende Schichte bildet förmlich eine Verblendung, unter deren Schutz die Bildung von Silikat-Hydraten des Kalks und der Thonerde ungestört verlaufen kann.

Was die hydraulische Wirkung des basisch kohlensauren Kalks anbetrifft, so haben Fuchs sowohl wie Vicat behauptet, dass Kalkstein unvollständig gebrannt, bei Sättigung mit Wasser sich nicht löscht, zu Pulver zerrieben und mit Wasser angerührt aber einen Mörtel gäbe, der im Wasser erhärtet; in gleicher Weise verhält sich nach denselben Autoren gebrannter Kalk, dem eine gewisse Menge von Kohlensäure zugeführt wird.

Noch im Jahre 1851 wurde in Russland eine Cementfabrik gegründet, die haupsächlich auf die Bildung von basisch kohlensaurem Kalk hinarbeitete, indem man auf künstlichem Wege eine Verbindung von Kalk mit Kohlensäure in einem anderen Verhältniss zu erhalten suchte, als solche in der Natur in der Zusammensetzung der Kalksteine enthalten ist; Schulatschenko hat aber durch gründliche Versuche nachgewiesen, dass sich überhaupt durch unvollständigen Brand von Kalksteinen kein basisch kohlensaurer Kalk bilden lässt, und dass unvollständig gebrannter kohlensaurer Kalk überhaupt keine hydraulischen Eigenschaften besitzt, sobald er vollkommen rein und nicht etwas durch Thonerde verunreinigt ist.

Grosses Aufsehen macht die neueste Entdeckung des englischen Ingenieurkapitäns Scott, der nachgewiesen hat, dass Aetzkalk, wenn man ihn in der Rothglut den Dämpfen verbrennenden Schwefels aussetzt, derselbe in hervorragender Weise hydraulische Eigenschaften annimmt; die bisher angestellten weiteren Versuche haben ergeben, dass der Kalk mit schwefliger Säure eine um so grössere Hydraulizität nachweist, je vollständiger der Kalk mit der schwefligen Säure gesättigt wird und je weniger Schwefel als solcher sublimirt und sich damit vermischt.

Eine sehr hydraulisch wirkende Masse erhält man auch, wenn man 100 Gewichtstheile gebrannten schwefelsauren Kalk und 41,2 Gewichtstheile gebrannten Kalk innig gemischt bis zur Weissglut erhitzt[1]).

Gyps selbst, der in manchen Kalksteinbrüchen vorkommt, oder sich beim Brennen mit schwefelkieshaltigen Steinkohlen bilden kann, ist wegen seiner Löslichkeit im Wasser und weil er scharf gebrannt nicht erhärtet, als schädlich zu betrachten.

Die Kieselsäure ist entweder wasserfrei und zwar im Bergkrystall, Rauchtopas, Ametyst, Quarz, Feuerstein, Hornstein, Chalcedon, Chrysopras etc., oder sie ist wasserhaltig, also Kieselsäurehydrat, und zwar im Opal, Hyalith, Kieselguhr etc.

Die Einwirkung von Aetzkalk auf wasserfreie Kieselsäure ist im Wasser in den meisten Fällen wirkungslos, und nur eine Ausnahme

---

[1]) Weiteres siehe: Selenit-Mörtel Seite 237.

macht der Feuerstein, der fein gepulvert, mit sehr fettem Kalk vermischt, nach Rivot & Chateney einen Mörtel abgiebt, der innerhalb 8—10 Tagen unter Wasser vollständig hart wird; ebenso erhärteten Mischungen von 4—5 Gewichtstheilen Aetzkalk auf 1 Gewichtstheil Feuerstein innerhalb 3—20 Tagen, die, 2 Jahre dem Meereswasser ausgesetzt, sich vollkommen erhielten und eine solche Härte angenommen hatten, dass sie den besten Portland-Cementen gleichzuachten waren; ähnlich erhärtet fetter Aetzkalk mit allen Kieselsäurehydraten, und verwendet man in diesem Sinne Mischungen von Aetzkalk und Kieselguhr.

Während die Kieselsäure für sich als durchaus feuerfest zu betrachten ist, schmilzt sie, gleichviel ob wasserlos oder wasserhaltig und mit Basen (alkalische Erden oder Kalk) in Verbindung gebracht, meist schon bei heller Rothglut zusammen. Hierdurch wird die Kieselsäure in eine lösliche, verbindungsfähige Modifikation übergeführt, so dass sie im Wasser eine innige Verbindung mit dem Aetzkalk einzugehen vermag.

Michaelis hat gefunden, dass ein Gemenge von 5 Aequivalenten Kalk und 2 Aequivalenten Kieselsäure unter Wasser die höchste Erhärtungsfähigkeit besitzt; ein solches Gemenge erhärtete schon während des Mischens und steigerte in 14 Tagen seine Festigkeit bis zu der des Kalkspaths. Nach Held besteht die Verbindung von Kieselsäure und Kalk, die sich in allen Wassermörteln bildet, aus 2 Aequivalenten Kieselsäure, 5 Aequivalenten Kalk und 5 Aequivalenten Wasser; vielfach angestellte Versuche haben jedoch ergeben, dass sich unter verschiedenen Umständen auch andere Kalkhydrosilikate bilden können.

Kieselsäure und Thonerde gehen auf nassem Wege keine kieselsaure Thonerde-Verbindung ein, was aber der Fall ist, wenn beide einer erhöhten Temperatur ausgesetzt werden; dann wächst die Affinität der Kieselsäure der Art, dass sie als sehr starke Säure auftritt.

Kalk und Thonerde, die beide in reinem Zustande als unschmelzbar zu betrachten sind, werden gemischt und erhitzt in gewissen Hitzegraden zusammenschmelzen, und da die Thonerde in diesem Zustande vorzügliche hydraulische Eigenschaften zeigt, so eignet sie sich auch ganz besonders zur Herstellung von hydraulischen Mörteln; Held, Winkler, Fremy und Michaelis stimmen darin überein, dass die wirksamste Verbindung durch das Zusammenschmelzen von 2 Th. Thonerde und 3 Th. Kalk erhalten wird.

Bei Anwendung reiner Materialien liesse sich eine dem Marmor an Farbe, Haltbarkeit und Festigkeit in jeder Beziehung gleiche und auch äusserst politurfähige Masse darstellen; die grösste Schwierigkeit liegt jedoch in der Beschaffung reiner Thonerde und in der Erzeugung der erforderlichen Hitze.

Eisenoxyd und Kalk gehen keine Verbindung ein, die dem Wasser Widerstand zu leisten vermag, und haben die umfassendsten Versuche

hierüber hinlänglich Beweise geliefert. Nach Frühling jedoch dient es bis 7 pCt. zur Verbesserung der Cementmasse. Eisenoxydul darf zwischen 10 bis 15 pCt. vorhanden sein, aber nur das an Kieselsäure gebundene ist wirksam. Nach Carolath veranlasst Eisenoxydul, dass ein daran bis zu einem gewissen Grade reicher Thon schon bei einer Temperatur sintert oder schmilzt, bei welcher nicht alle Kalkerde in der Hitze vom Thonerdesilikat chemisch gebunden wird.

Manganoxyd ist für sich ein vorzüglicher Hydraulefaktor und bildet sich bei dessen Vorhandensein beim Brennen hydraulischer Kalke Manganoxyd-Kalk, der gepulvert im Wasser ganz vorzüglich hart wird; bei den nur höchst unwesentlichen Mengen vorkommenden Mangans in den gebrannten hydraulischen Kalken ist jedoch von einer weiteren Verfolgung jener Prozesse, die hier möglicherweise sich bilden könnten, abzusehen.

Was die Magnesia anbetrifft, so wurde dieselbe von St. Claire Deville im Jahre 1865 in bezug ihrer hydraulischen Eigenschaften geprüft; die betreffenden Untersuchungen ergaben sehr verschiedene Resultate: Magnesia bei möglichst niedriger Temperatur, (aus Magnesit) gebrannt, giebt ein äusserst lockeres Pulver, welches im Wasser zu einer Gallerte aufquillt; Magnesia, einer höheren Temperatur ausgesetzt, wird um so dichter, je dichter das Rohmaterial ist, aus dem man sie durch Glühen bereitet; dem Porzellanfeuer ausgesetzt, nimmt sie sogar ein spezifisches Gewicht von 3,36 an, aber die zu stark geglühte Magnesia erhärtet im Wasser nicht mehr.

Nach Deville zeigt die Magnesia, in heller Rothglühhitze geglüht, den besten Grad der Hydraulizität, während sie dieselbe verliert, wenn sie bis zur Weissglut erhitzt und längere Zeit darin erhalten wird.

Fasst man nun das Wesentliche über die einzelnen im Wassermörtel vor sich gehenden Prozesse zusammen, so sieht man, dass Kieselsäure und Kalk, dann Thonerde und Kalk ganz vorzügliche hydraulische Verbindungen eingehen, und dass sie es sind, welche entweder eine jede allein, wie in einzelnen Fällen, oder beide vereint, das Hauptwesen der hydraulischen Mörtel ausmachen; das Vorhandensein von Manganoxyd ist unter keinen Umständen schädlich; unwirksam aber und eher nachtheilig ist das Eisenoxyd, da dieses mit dem Kalk keine Verbindung eingeht, die dem Wasser Widerstand zu leisten im Stande wäre.

Wie sich aber bei den Cementen der chemische Prozess in seiner Gesammtwirkung, durch das Brennen sowohl als auch durch das Verarbeiten hindurch, möglicher Weise gestalten kann, ist immer noch nicht vollständig aufgeklärt, und macht F. Knapp darauf aufmerksam, dass in dieser Beziehung nahezu ebensoviel Theorien vorhanden sind, wie Autoren, die sich mit der Erforschung der Cemente befassten.

Nach der Ansicht von v. Fuchs (1833) wird beim Brennen des natürlichen hydraulischen Kalks die Kieselerde in den löslichen Zustand

übergeführt; beim Anmachen mit Wasser geht diese Kieselerde gleichzeitig mit dem bis dahin freien Kalk und Wasser eine chemische Verbindung ein und es entsteht als Hauptbestandtheil des erhärteten Cements ein zeolithartiges Mineral.

Vicat betrachtet als Ursache der Erhärtung eine blosse Aufnahme von Wasser seitens der im Feuer gebildeten Verbindungen (ähnlich wie beim gebrannten Gyps).

v. Pettenkofer (1849) betrachtet, bei der Untersuchung von Portlandcement, den Kalk, trotz der bis zum Sintern getriebenen Hitzegrade, nach dem Brennen, als im freien Zustande vorhanden, und werde derselbe von den im Feuer sinternden Silikaten der Thonerde eingehüllt, dann aber beim Zermahlen des Portlandcementes wieder blos gelegt.

Feichtinger ist der Ansicht, dass nach dem Brennen des Portlandcementes die amorphe Kieselerde neben Silikaten und viel freiem Kalk vorhanden sei; bei der Erhärtung mit Wasser macht sich eine dreifache chemische Thätigkeit geltend. Zunächst Bindung von Wasser durch sämmtliche Bestandtheile, dann Bindungen von freiem Kalk durch die Kieselerde als eigentliche Erhärtung, schliesslich Umwandlung des noch freien Kalkhydrats in Carbonat. Der kohlensaure Kalk bildet sich aber mehr oberflächlich und gewährt so einen Schutz gegen das Wasser, in welchem der Portlandcement merklich löslich ist.

A. Winkler theilt die Ansicht von Fuchs in betreff der natürlichen hydraulischen Kalke; in bezug auf den Portlandcement stellt er den Satz auf, dass schon beim Brennen Verbindungen des Kalks mit Kieselerde, Thonerde und Eisenoxyd entstehen, die bei der Behandlung mit Wasser wieder in einfachere Silikate zerfallen, welche Wasser aufnehmen und in Kalkhydrat, welches später in Carbonat übergeht; das eigentliche Wesen der Erhärtung bleibe noch eine offene Frage. Winkler erkannte aber auch, dass Thonerde mit Kalk geglüht, in Wasser stark und dauernd erhärtende Cemente liefert.

Held fand in bezug auf den Portlandcement: beim Brennen von Thon und Kalk überwiegt, wegen der hohen Temperatur, die Affinität des Kalkes zur Thonerde; es entsteht zunächst als Hauptmoment der Aufschliessung Kalkaluminat; die aus dem Thon dabei abgeschiedene Kieselerde tritt mit dem überschüssigen Kalk zu einer basischen Verbindung zusammen. Unter der Einwirkung von Wasser zerfällt die Verbindung des Kalks mit Thonerde und Eisenoxyd in Thonerde- und Eisenoxydhydrat (die als solche wirkungslos im Cement verbleiben) und in Kalk; dieser letztere wird theils Carbonat, theils giebt er als Hydrat gelöst das Mittel zur Bildung eines basischen Kalksilikates, die unter Erhärtung vor sich geht. Dem Silikate, als dem eigentlichen Schwerpunkte der Erscheinung, weist er die Formel $6\,CaO - 3\,SiO_2 + 6\,H_2O + 4\,CaO\ 3\,SiO_2 + 4\,H_2O$ zu. Bei fortdauernder Einwirkung der Kohlensäure setzt sich das basische Silikat

nach und nach in freie Kieselerde, in neutrales Silikat und Kalkcarbonat um. Die freie Kieselerde verkittet die Theilchen des Carbonats zu einer steinharten Masse.

Die Bildung des basischen Kalksilikates könne sich aber nur in einem alkalischen Medium geltend machen, daher der fördernde und beschleunigende Einfluss der Alkalien im Cemente.

Rivot & Chatenay nehmen im erhärteten Cement die Bildung von Kalkaluminat neben Kalksilikat, beide als Hydrate, an.

Fremy's Standpunkt hat sich nach und nach dahin modifizirt, dass beim Brennen des Portlandcements Silikate verschiedener Zusammensetzung entstehen, aus Kieselerde und Thonerde einfache und doppelte, die alle in der Eigenschaft übereinkommen, freien Kalk aufzunehmen. Hierauf, keineswegs aber auf der Hydratisirung der Silikate, beruht die Erhärtung der Cemente.

W. Michaelis hat erkannt, dass im hydraulischen Kalke in folge der niedrigen Temperatur beim Brennen der Kalk theils gebunden, theils frei und zwar kaustisch sei; seine Erhärtung beruhe zunächst auf der Aufschliessung der Kieselerde und ihrer Verbindungen im Feuer, dann auf der Vereinigung von Kalk und Kieselerde einerseits, und von Kalk mit Thonerde (Eisenoxyd) andererseits, unter Eintreten von Wasser, wahrscheinlich nach der Formel $2\,CaO,\ Si_2O_2 + 4\,H_2O$ und $3\,CaO,\ Al_2O_3\ (Fe_2O_3),\ 3\,H_3O$; zu beiden Endprodukten, dem gewässerten Silikat und Aluminat, gesellen sich dann weiter hin Kalkcarbonat aus dem überschüssigen Kalk und der Kohlensäure der Luft.

Beim Portlandcement sei der Kalk bei der hohen Temperatur des Brandes als völlig gebunden zu betrachten, und bestehen diese Cemente vorherrschend aus Kalksilikat und Kalkaluminat; die Annahme von einem Reste von freiem Kalke verwirft Michaelis. Andere sekundäre Reaktionen sind jedoch nicht ausgeschlossen, so die Zersetzung sehr basischer Aluminate in freien Kalk und weniger basische Aluminate, so die Bildung von kohlensaurem Kalk aus Kalkhydrat und Zersetzung von Kalk- und Alkalisilikat durch Kohlensäure; die hierbei freiwerdende Kieselerde schlägt sich, soweit sie nicht mit noch vorhandenem Kalkhydrat Verbindungen eingeht, als Verkittungsmittel der Cementtheilchen nieder.

Schulatschenko hält zwar die Erhärtung der hydraulischen Kalke durch v. Fuchs festgestellt, für den Portlandcement noch nicht sicher ermittelt.

Nach Knapp liegt der Grund, weshalb das Wesen der Cemente noch immer eine ungelöste Aufgabe sei, darin, dass man bisher einseitig den chemischen Prozess studirte, während man sich um Alles andere, namentlich um die mechanischen Vorgänge nicht bekümmerte. In letzterer Beziehung sei z. B. die Erhärtung des Mörtels wesentlich beeinflusst durch die Feinheit des Korns, ob grobkörnig oder mehlfein; je dichter sich

die Theilchen an einander lagern können, wozu eine gewisse Zeit benöthigt erscheint, um so härter wird der Mörtel werden.

Die Dichtigkeit der Cemente wird ferner beeinflusst von der Höhe der Brennhitze, indem stark gebranntes Material (Portlandcement) einen viel härteren Mörtel giebt als schwächer gebranntes (Romancement).

Ferner sei Thatsache, dass Portlandcement um so härter wird, je langsamer und allmäliger die Bindung erfolgt und je weniger Wärme bei der Wasserbindung auftritt; auch das spezifische Gewicht spielt bei den Cementen eine wohl ins Auge zu fassende Rolle etc.

Knapp zieht nach solchen Betrachtungen dann die Schlussfolgerung, dass wenig Aussicht vorhanden sei, die Hydraulizität von dem Vorhandensein eines bestimmten Silikats von Kieselsäure, Thonerde, Kalkerde, Eisenoxyd etc. abhängig zu machen, es können sich vielmehr sehr verschieden konstituirte Silikate bei der Erhärtung der komplizirt zusammengesetzten Cemente bilden.

In allerneuester Zeit hat sich denn auch L. Erdmenger zu der Ansicht hingeneigt, dass man es aufgeben müsse, den Portlandcement fernerhin als eine bestimmte chemische Verbindung zu betrachten; für diese Anschauung, führt er weiter aus, spricht unter anderem die ungemein schwankende Zusammensetzung der Cemente. Wenn auch für gewöhnlich auf je 100 Aequivalente Säurebestandtheile 235 bis 250 Aequivalente Kalk kommen, so hat Erdmenger doch schon früher nachgewiesen, dass diese Gemenge von 190 bis 260 schwanken können, und dass dabei immer noch ein Produkt zu erhalten ist, welches als gut brauchbarer Portlandcement bezeichnet werden kann.

Schon hierdurch sei im stöchiometrischen Sinne in der zulässigen Kalkmenge eine viel zu grosse Willkür vorhanden, um den Begriff einer chemischen Verbindung für Portlandcement festhalten zu können; in gleichem Sinne verhalte es sich mit der zum Anmachen und späteren Erhärten nothwendigen Wassermenge, auch hierbei lasse sich eine bestimmte Beziehung im stöchiometrischen Sinne ebensowenig nachweisen, und sei der Portlandcement daher nicht als ein bestimmtes Silikat, sondern als eine durch Schmelzmittel aufgeschlossene Silikatverbindung zu betrachten, während der vorhandene Thon durch Kalk aufgeschlossen sei.

Alle bisher vorgenommenen Untersuchungen sind nicht im Stande gewesen, über die Erhärtung der Cemente ein durchaus klares Bild zu geben, und liegt dies hauptsächlich daran, dass die meisten Forscher die vorliegende Frage als eine durchaus auf chemischem Wege zu lösende betrachtet haben. Nachdem sich aber herausgestellt hat, dass nicht allein die chemische Zusammensetzung der Cemente ihr Festwerden bedingt, dass z. B. der Grad der Mahlung, die Art und Weise der Verarbeitung etc. einen wesentlichen Faktor bei dieser Frage spielt, so müssen alle Erscheinungen in ihrer Totalität von der Forschung ins Auge gefasst werden. Hierbei gehört in erster

Linie der bisher vorhandene Mangel an Unterscheidung zwischen dem chemischen Prozess und dem mechanischen.

Bei der Besprechung der Erhärtung des Luftmörtels hat sich ergeben, dass Aetzkalk mit Kieselsäure in eine chemische, durch Wasser unlösliche Verbindung tritt, sobald die Kieselsäure hierzu in einem hinreichend erweichten Zustande sich befindet; ein derartiger Zustand wird herbeigeführt, sobald auf die Kieselsäure lösende Stoffe, wie Aetzalkalien, einwirken; so wird Aetzkalk mit einer Lösung von Wasserglas sofort erhärten und einen festen Körper bilden, der kieselsaure Kalkerde ist; das mit der Kieselsäure verbundene ätzende Alkali wird frei; befindet sich Kieselsäure als Quarz im Mörtel, so wird dieser durch das Aetz-Alkali gelöst und wiederum zur Aufnahme der Kalkerde aufgeschlossen, in welcher Weise ein fortlaufend wirkender Prozess eingeleitet ist.

In anderer Weise erfolgt das Aufschliessen der kieselsauren Thonerde für ihre Verbindung mit dem Kalk durch Feuer; hierbei wird das Krystallwasser der Thonerde durch Verdampfung verringert, die Kieselsäure aber dem allgemeinen Ausdehnungsgesetz bei steigender Temperatur so unterliegen, dass die beiderseitige Verbindung durch das Feuer gelockert werden wird; tritt nun Kalkerdehydrat und Wasser hinzu, so verwandelt sich die Kieselsäure und die Thonerde in Kieselsäure- und Thonerdehydrate und treten als solche in unmittelbare Verbindung mit dem Kalkerdehydrat, wobei das Hydratwasser, soweit es der Thonerde nicht eigenthümlich angehört, aus der gemeinschaftlichen Verbindung heraustritt. Führt die Thonerde wie gewöhnlich Alkali bei sich, so schmilzt dieses im Feuer und wird in folge des kräftigen beiderseitigen Bestrebens der Kalkerde und Kieselsäure, sich mit einander zu verbinden, ausgeschieden und dadurch diese Verbindung erleichtert.

Für die Praxis eignet sich das Feuer zum Aufschliessen der Kieselsäure leichter als lösende Stoffe, daher dasselbe ausschliesslich zur Herstellung hydraulischer Kalke angewendet wird. In den meisten Fällen steigert man es nicht höher als zum Austreiben der Kohlensäure nothwendig ist und lockert hierdurch die Verbindung der Kalkerde, Kieselsäure und Thonerde so auf, dass beim Hinzukommen von Wasser die neue Verbindung erfolgen kann. Weil aber in den Portlandcementen durch die bis zur Sinterung gesteigerte Hitze die Trennung der Thonerde von der Kieselsäure vollständiger erfolgt und bereits die vorangegangene Mischung den Kalk mit der Kieselsäure in eine sehr nahe Berührung bringt, so wird diese durch das Feuer noch vollständiger vorbereitet und beim Hinzutritt von Wasser in sehr kurzer Zeit vollendet.

Neben den thonigen Kalken gewähren auch die dolomitischen Kalke und Dolomite das Material zur Bildung hydraulischen Mörtels, doch ist hierbei in Erwägung zu ziehen, dass die Bittererde mit einer grösseren Verwandtschaft zur Kieselsäure auftritt, als sie der Kalk hat, daher eine

Vereinigung jener beiden mit dem Kalke schwieriger von statten geht, als die Vereinigung der Bittererde und Kieselsäure untereinander, ebenso eine bestehende gegenseitige Verbindung dieser beiden zu Gunsten des Kalkes nicht aufgehoben wird. Hieraus folgt ein zweifaches Verhältniss, je nachdem die Bittererde ursprünglich mit der Kieselsäure oder mit dem Kalke verbunden ist. Wenn nämlich die Bittererde in ein und demselben Gestein mit Kieselsäure und Kalk, oder mit blosser Kieselsäure ohne Kalk, vereinigt ist, und es wird in letzterem Falle der Kalk mechanisch beigesetzt, so bleibt er auf die Kieselsäure ohne allen Einfluss. Wenn dagegen die Bittererde ursprünglich mit dem Kalk verbunden ist, und diese Verbindung ist oder wird mit kieselhaltigen Stoffen gemengt und ins Feuer gebracht, so tritt die Bittererde mit der Kieselsäure in Verbindung, nimmt den Kalk in diese Verbindung mit hinein, und es entsteht ein guter hydraulischer Kalk. In der Regel führen hydraulische Kalksteine und Mergel einen kleinen Antheil an Bittererde, die gemäss diesen Verhältnissen in dem einen Fall die Thonerde ersetzend der Erhärtung förderlich, im anderen Fall als Sand oder todte Masse völlig unwirksam sind.

Mit nicht vielen Ausnahmen führen die Kalke und Thone ausser Kieselsäure und Bittererde metallische Oxyde, insbesondere Eisenoxydul und Eisenoxyd bei sich. Mit der Kieselerde verbunden und nicht im Uebermass vorhanden, beschleunigen diese die Verbindung des Kalkes und der Kieselsäure. Eisen als gestossene Schlacke, Hammerschlag, Feil- und Drehspäne mechanisch dem Mörtel zugesetzt, verbessert seine Eigenschaft nur insofern, als die Umwandlung in Oxyd einen festen Anschluss dieses Oxyds an die Sandkörner und dadurch mit der Zeit deren Verkittung bewirkt, vorzüglich wenn das Eisen recht fein und von schiefriger Gestalt ist, also sich innig zwischen den übrigen Bestandtheilen des Mörtels einlagert.

Die meisten Kalk- und Mergelarten haben nun aber die obengenannten Stoffe in ihrer Verbindung, und es werden sich vorzugsweise die thonigen, bedingungsweise die dolomitischen Kalke und Dolomite selbst zu Wassermörtel eignen; doch aber müssen dieselben, um Wassermörtel zu geben, in gehöriger Masse vorhanden sein, und zwar so, dass sämmtlicher Kalk in die Thon-Kiesel-Verbindung, bezüglich in die bittererdige Verbindung übergeht. Hierdurch treten derartige Wasserkalke in die Klasse der mageren und sehr mageren Kalke und löschen sich nur durch Benetzen mit Wasser oder müssen vor dem Wasseraufguss gepulvert werden. Sind die Nebenstoffe gering vertreten, so gehen die Kalke ungeachtet ihrer thonigen und bittererdigen Bestandtheile in die Klasse der Luftkalke über oder sind lediglich als Luftkalke zu verwenden und löschen sich durch Wasseraufguss als Gruben- oder Weisskalk. Dies ist namentlich bei den quarzigen Kalken der Fall. Beim Brennen derselben hat die Kohlensäure den Kalk früher verlassen, ehe die Kieselsäure für die Aufnahme des Kalkes ausreichend erweicht oder aufgeschlossen worden ist, ein fortgesetztes Feuer

aber würde den Kalk zum Schmelzen bringen und zum Löschen unfähig machen. Diese Kalkarten eignen sich daher ebenfalls nur zum Luftmörtel.

Die Bereitung des Wassermörtels kann auf dreierlei Weise geschehen:

1. mittelst fetten Kalkes und Zuschlägen (Cementen),
2. „ „ der natürlichen hydraulischen Kalke (Romancemente),
3. „ „ künstlicher Gemenge von Kalk und Thon (Portlandcemente).

1. Bereitung des Wassermörtels mittelst fetten Kalkes und Zuschlägen (Cementen im engeren Sinne).

Solche Mörtel werden dadurch erhalten, dass man dem fetten Kalk während oder bald nach dem Löschen zu Brei fein gemahlene Zuschläge oder cementirende Stoffe zusetzt. Wie beim Luftmörtel wird das Gemenge sorgfältig gemischt, und die geschmeidige Masse möglichst rasch verarbeitet. Als Cemente werden schon von Alters her die vulkanischen Produkte, wie Puzzulane, Santorinerde, Trass etc. gewählt; sie enthalten alle leicht aufschliessbare Silikate von Thonerde, Eisenoxyd, Bittererde, Kalkerde und Alkalien. Die Erhärtung derselben mit beigemischtem Kalkbrei beruht auf der Vereinigung von Kalk- und Kieselerde einerseits und von Kalk und Thonerde oder Eisenoxyd andererseits unter Eintreten von Wasser. Kieselerde und Thonerde befinden sich in diesen vulkanischen Stoffen durch das natürliche Feuer der Erde in bereits aufgeschlossenem Zustande.

Andere Zuschläge die selbstverständlich der Hauptsache nach Thonsilikate enthalten müssen, wie dies beim Thon der Fall ist, müssen, erst künstlich durch Feuer aufgeschlossen werden und in diesem Sinne sind auch Ziegelmehl, Hohofenschlacken, und die Aschen von Stein-, Braunkohlen und Torf gleichfalls als Cemente zu verarbeiten.

Vitruv II. Buch 4. Kap. berichtet von einer Art Staub (Pulvis Puteolanus), welcher auf eine natürliche Weise höchst bewunderungswürdige Wirkungen hervorbringt. „Man findet die Puzzolanerde in der Gegend von Bajä und bei den Städten (Puzzuoli), welche in der Nachbarschaft des Berges Vesuv liegen. Mit Kalk- und Bruchsteinen (Tuffstein) vermischt, giebt sie nicht allein überhaupt jedem Gebäude grosse Festigkeit, sondern die daraus im Meere aufgeführten Dämme erhärten selbst auch unter dem Wasser; sich schnell untereinander vereinigend werden sie mittelst der Feuchtigkeit so hart und fest, dass weder die Fluth noch sonst des Wassers Gewalt sie zu trennen vermag.“

1. Die Puzzolane, Puzzolanerde, ein vulkanischer erdiger Tuff ist eine lockere, weiche fast zerreibliche aschgraue, gelblichbraune, hin und wieder schwarze glanzlose Masse; nach Berthier besteht die italienische Puzzolane aus:

Kieselerde	44,5	Kali	1,4
Thonerde	15,0	Natron	4,1
Kalk	8,8	Eisen- und Titanoxyd	12,0
Magnesia	4,7	Wasser	9,2.

Nach Rivot sind

aufschliessbar in Salzsäure		unaufschliessbar in Salzsäure	
Kieselsäure	19,5	Kieselsäure	32,7
Thonerde	9,7	Thonerde	8,1
Kalkerde	8,0	Kalkerde	1,2
Magnesia	0,9	Glühverlust	10,2
Alkali	2,6		

Bei der Mörtelbereitung verfährt man sehr verschieden; man wählt wohl je nach den Zwecken;

1 Th. Kalkbrei mit 2 Th. Sand und 3 Th. Puzzolane; oder
1 Th. Kalk 1 — 2 Th. Puzzolane mit oder ohne Sand;
3 Th. Kalk, 4 Th. Puzzolane und 4 Th. Sand;

verwendet man ungelöschten Kalk so wird derselbe mit der Puzzolane und dem Sande bedeckt, und findet das Löschen unter deren Decke durch Bebrausen mit einer Giesskanne statt; im weiteren wird die Masse aufs sorgsamste durchgearbeitet und geschlagen um sie möglichst geschmeidig zu machen.

In Frankreich hat man vielfach die Puzzolane fabrikmässig auf künstlichem Wege hergestellt; es wird hierbei der Thon mit fettem Kalkbrei vermengt, das Gemisch in Ziegel geformt, diese getrocknet und in einem gewöhnlichen Ziegelofen gebrannt; das gebrannte Produkt wird dann endlich fein gemahlen.

Aehnliche Tuffe finden sich vielfach in den vulkanischen Gegenden Frankreichs, z. B. in der Auvergne; die Tournay'sche Asche (cendre de Tournay) wurde schon von Belidor als Zuschlag zum Wassermörtel verwendet. Die Puzzolane hat vielfach in England und Frankreich zum Wasserbau Verwendung gefunden und bildet noch gegenwärtig ihrer ausgezeichneten Eigenschaften wegen einen ausgezeichneten Handelsartikel. Aehnliche Zusammensetzung besitzt:

2. Der Trass- oder Duckstein, ein vulkanischer Tuff von erdiger, poröser auch wohl mehr oder minder dichter Masse hat schmutziggelbe in's Graue und Braune ziehende Farbe. Man findet denselben besonders im Brohl- und Netterthale, in der Gegend von Andernach und Weissenthurm; er besteht aus:

Kieselerde	57,0	Kali	7,0
Thonerde	16,8	Natron	1,0
Kalk	2,6	Eisen- und Titanoxyd	5,0
Magnesia	1,0	Wasser	9,6.

Der Trass kommt in gepochtem oder gemahlenem Zustande (wilder Trass) in den Handel, oder in gebrochenen Stücken (echter Trass), wodurch man gegen Fälschung geschützt ist.

Der Trass wird gepocht und fein gemahlen und so als Zuschlag zum Kalk verwendet; die Holländer verarbeiten vielfach dies Material bei ihren Wasserbauten und beziehen es meist von Andernach, aber in grossen gebrochenen Stücken und mahlen ihn erst kurz vor der Verwendung, da er in Staubform an der Luft seine hydraulische Eigenschaft verlieren soll; von Holland kam der gemahlene Trass vor dem Jahre 1756 nach England unter dem Namen holländischer Trass (dutsch Tarras), und war neben der Puzzolane das vorherrschende Material, um hydraulischen Mörtel zu bereiten.

In Amsterdam wird ein künstlicher Trass aus stark gebranntem Thon hergestellt, den man vom Meeresgrund herauf holt.

Auch im Riese bei Nördlingen kommt Trass vor, der dieselben Bestandtheile wie der vom Brohlthale nachweist, und gepulvert mit Kalkmörtel vermischt eine im Wasser erhärtende Masse giebt. Der nördlinger Trass kommt jedoch theilweise stark verwittert, theilweise durchsetzt von schwärzlichen festen Stücken vor, welche anders zusammengesetzt sind als der eigentliche Trass, und eignet sich demgemäss zu Herstellung von zuverlässigen Wassermörteln nicht; auch haben Versuche ergeben, dass sich das betreffende Material zu Mörtel verarbeitet an der Luft nicht erhärtet, ebensowenig, wenn man denselben aus dem Wasser an die Luft bringt.

Guten Mörtel erhält man aus 1 Th. Kalkbrei, 2 Th. Trassmehl ohne Wasser oder 1 Th. ungelöschten Kalk, 2 Th. an der Luft gelöschten Kalk, 1 Th. Trass mit möglichst wenigem Wasser, oder 2 Th. gelöschten Kalk, 1 Th. Trass und 8 Th. scharfen reinen Sand.

Sogenannten Neutrass stellt C. Heintzel in Lüneburg aus Infusorien-Erde und gebranntem Kalk her; hierbei wird der gebrannte Kalk durch Eintauchen ins Wasser zum Zerfallen gebracht und in ein staubfreies trocknes Kalkhydrat verwandelt und dann mit Infusorien-Erde gemischt, die ebenfalls nach vorgegangenem Schlämmen, Trocknen und schwachem Glühen in ein sehr feines Pulver verwandelt ist. Soll Neutrass im Wasser verwendet werden, nimmt man gleiche Gewichtstheile von Infusorien-Erde und Kalkhydratpulver, in anderen Fällen genügt ein Verhältniss von 1 : 2.

Der Neutrass verträgt zum Mörtel verarbeitet einen bedeutenden Sandzuschlag: ein Mörtel von 1 Gewichtstheil Infusorien-Erde, 1 Th. Kalkhydrat

und 6 Th. Sand zeigte nach 7 tägiger Erhärtung an der Luft und 21 Tagen im Wasser eine absolute Festigkeit von 2,7 k. pr. qcm[1]).

3. Die Santorinerde; sie ist ebenfalls vulkanischen Ursprungs, hat ihren Namen von der sehr südwärts liegenden griechischen Insel Santorino und ist der italienischen Puzzolane äusserst verwandt, sie wird in bedeutenden Massen in Triest, Venedig und Fiume als Zusatz zum Kalke bei den Wasserbauten mit grossem Erfolge zur Anwendung gebracht. Die Santorinerde enthält nach Elsner:

Kieselsäure	68,50	Kali	3,13
Thonerde	13,31	Natron	4,71
Eisenoxyd	5,50	Chlornatrium und schwefels. Natron	0,31
Kalk	2,36		
Magnesia	0,73	Wasser	1,45

Für stets unter dem Wasser bleibendes Mauerwerk mengt man 7 Th. Santorinerde mit 2 Th. gelöschtem Kalk und 7 bis 9 Th Schotter; für zeitweilig auch der Luft ausgesetztes Mauerwerk wählt man ein Gemenge von 6 Th. Santorinerde mit 2 Th. gelöschtem Kalk und 6 bis 7 Th. Schotter.

Versuche von Balling haben auch ergeben, dass Diorite und Diabasgesteine sich zur Herstellung künstlicher Cemente eignen; hierbei wird der Kalk gebrannt, abgelöscht und in den dicken Kalkbrei Diabas eingerührt; aus diesem Gemenge werden Kugeln geformt, getrocknet und gebrannt. Nach vielfach angestellten Versuchen ergab sich als befriedigendes Resultat eine Mischung aus 3 Gewichtstheilen gebranntem Kalk und 2 Gewichtstheilen Diabas, die nach einigen Tagen unter Wasser vollständig erhärtete; in gleicher Weise dürften die Trachyte, der Phonolith etc. zur Herstellung künstlicher Cemente sich eignen.

Als weitere Zuschläge zum fetten Kalk verwendet man fast alle vulkanischen Gesteine, besonders Bimsstein, Lava, kalzinirten Basalt und Basalttuff, Trachyttuff, gebrannten gepulverten Schiefer etc.; so wurde in Schweden 1772 zum Wasserbau ein von Ulfström erfundener Wassermörtel, aus Kalk- und gebranntem Alaunschiefermehl mit gutem Erfolg angewendet.

4. Auch Ziegelmehl, wie alle gebrannte und gepulverte Thonerde, ist ein künstlich hergestellter cementirender Stoff, welcher Thonerde in aufgeschlossenem Zustande enthält, und somit in Verbindung mit Aetzkalk und Wasser Thon-Kiesel-Kalk-Verbindung bildet. Schon Vitruv giebt im VII. Buch 1. Kap. über Verfertigung des Estrichs an: „Ist der Bretterboden vollendet so bestreue man ihn, wofern kein Farnkraut vorhanden ist, mit Spreu, um das Holzwerk vor des Kalkes Aetzkraft zu schützen. Sodann fertige man die Unterlage aus Steinen an, die nicht kleiner als handvöllig sein dürfen. Nachdem die Unterlage gemacht ist, überziehe man sie mit einem Gemengsel von Ziegelklein und Kalk; wird eine frische Masse hierzu genommen, so

[1]) Deutsche Industrie-Zeitung 1879. S. 180.

mischt man zu 3 Th. gestossener Steine 1 Th. Kalk, ist sie aber schon einmal gebraucht worden, so muss sich die Mischung wie 5 zu 2 verhalten"; ein solcher Estrich wurde opus signinum genannt.

Ein ziemlich allgemein benutztes Gemenge von 1 Th. Ziegelmehl, 1 Th. gewöhnlichem gebranntem Kalk und 2 Th. Sand bildet in Spanien einen stehenden Handelsartikel, der in Fässern zum Preise des Cements verkauft und als Wassermörtel verwendet wird.

Zu den üblichen Mörtelmischungen gehören 1 Th. fetter Kalk mit 2 Th. magerem Kalk und 1 Th. Ziegelmehl; oder 3 Th. Kalk, 2 Th. Ziegelmehl und 3 Th. Sand.

5. Hohofenschlacken, sowie die Aschen von Steinkohlen, Braunkohlen und Torf gelten als gut cementirende Stoffe, wenn sie mit gelöschtem Kalk vermengt werden.

Die meisten Hohofenschlacken, wenn sie mit Säuren gelatiniren, besitzen einen sehr hohen Gehalt an aufgeschlossener kieselsaurer Thonerde, lassen sich dementsprechend wie Puzzolane, Trass etc. verwenden. Die sehr energische Verbindung, die durch Mischung von gelöschtem Kalk sich ergiebt, befähigt dieses Material auch zu der gegenwärtig in so grossem Umfange betriebenen Schlackensteinfabrikation[1]).

Empfehlenswerth sind endlich folgende Cement-Mischungen:

1 Ztr. zu Pulver gelöschter Kalk wird mit 3 Ztr. geschlagener und gesiebter Torf-, Steinkohlen- oder Braunkohlen-Asche mit Wasser zu einem dicken Brei vermischt, und dem Ganzen 0,5 Kilogr. Kaliwasserglas von 33 Prozent in 1,5 Kilogr. Wasser verdünnt, beigesetzt und gut vermengt; dieser Cement kann auf Holz, Lehm und Stein aufgetragen werden, trocknet binnen 7—8 Tagen zu einer festen Masse, widersteht jedem Witterungseinflusse und kann durch Schleifen und Poliren dem Marmor ähnlich gemacht werden; er ist mit Vortheil zum Belegen von Fussböden zu verwenden[2]).

Den andern Cement stellt man zusammen aus 1 Ztr. zu Pulver gelöschtem Kalk, 1 Ztr. reinem Quarzsand und 2 Ztr. grob gesiebter Torf-, Steinkohlen- oder Braunkohlen-Asche; das Ganze ebenfalls mit 0,5 Kilogr. Kaliwasserglass auf 1,5 Kilogr. Wasser vermischt und gemengt. Der Cement eignet sich zur Herstellung von Wasserbehältern, Deckplatten etc.[3]).

Aschen von Steinkohlen, Braunkohlen und Torf, cinderfrei, werden mit dem gleichen oder halben Gewicht zu Pulver gelöschtem Kalk vermengt[4]).

---

[1]) Siehe diese im I. Band S. 410.

[2]) Dinglers Polyt. Journal. Band 154.

[3]) Marmor- und Parian-Cement siehe künstliche Steine Bd. I. S. 403 und 407; Mastixcement, Oelcement siehe später unter Kitte.

[4]) Siehe Aschenstampfbau (Cendrinbau).

2. Die natürlichen hydraulischen Kalke.

(Romancemente.)

Unter den Materialien zur Gewinnung des hydraulischen Mörtels haben die Cementsteine die für die Bildung desselben nothwendigen Substanzen schon in sich. Sie sind sämmtlich Gemenge von kohlensaurer Kalkerde oder von kohlensaurer Kalk-Bittererde mit Thon, sogenannte Mergelkalke oder Bittermergelkalke und hinterlassen beim Sichauflösen in Salzsäure einen unlöslichen Rückstand (Kieselthon), der bei den Septarien für den Romancement 23 Prozent, ebensoviel in den dolomitischen Mergeln des Kasseler Cements beträgt. Die Thone selbst sind ungleich in ihrer Zusammensetzung; bei den Septarien in dem Londonthon beträgt die Menge der Kieselerde 17, bei anderen steigt sie bis 21 oder sinkt auch bis 11 Prozent des ganzen Gewichtes; sie findet sich theils gebunden an Basen, theils frei und zum theil in löslichem Zustande.

Nach Vicat's Versuchen erhält man aus Mergelkalken mit 20 Th. sogenannten Kieselthonen auf 100 Th. kohlensauren Kalk einen brauchbaren, bei 25 Th. auf 100 Th. einen vorzüglichen hydraulischen Kalk, während die Mergel von über 50 Th. Thon auf 100 Th. kohlensauren Kalk als Cemente im engeren Sinne, als Zuschläge zum Mörtel dienen können. Thonärmere Gesteine liefern noch einen hydraulischen Mörtel, wenn durch geringeres Brennen nicht die ganze Kohlensäure, sondern nur ein grösserer oder geringerer Theil derselben ausgetrieben wird.

Das Material für hydraulische Kalke findet sich über die ganze Erde und in den verschiedensten Formationen verbreitet, überall wo Kalkgebirge und kalkthonige (Mergel) Bildungen auftreten. Die Gesteine bilden dann entweder selbstständige Ablagerungen oder sie treten in Form knolliger Konkretionen von verschiedenster Grösse auf, welche meist immer rissig und mit Kalkspathadern durchzogen sind. Man kennt für Cemente taugliche Septarien sowohl im älteren Tertiärgebirge als auch im Lias Englands und des Kontinentes. Aus dem Londonthon des südöstlichen Englands stammen die Septarien, die für den Romancement an den Ufern der unteren Themse, den Inseln Sheppey, Thanet, der Küste von Gent und Essex gesammelt werden; aus dem Lias die von York und Sommerset. An der französischen Küste bei Boulogne, galets de Boulogne genannt, zu Neustadt-Eberswalde und anderen Orten der Mark Brandenburg giebt es tertiäre, zu Hildesheim und zu Altdorf bei Nürnberg liasiche Septarien; weiter sind tauglich zur Herstellung der natürlichen hydraulischen Kalke thonreiche Muschelkalke aus der Muschelkalkformation, bunte und Keupermergel aus der Keuperformation, Lias- und Aptychenmergel der Juraformation angehörend, Cementmergel, Mergelschiefer, Sewen- und Inoceramenmergel aus der Kreideformation; auch die tertiäre Formation besitzt

Mergel, die sich zur Cementfabrikation vorzüglich eignen; die dolomitischen Mergel, die zur gleichen Fabrikation Anwendung finden, gehören grösstentheils der Juraformation an; der Wiesenmergel dagegen, mehr erdförmiger Beschaffenheit, ist ein Diluvialgebilde.

Im allgemeinen unterscheidet man bei den hydraulischen Kalken:

a) Romancement, b) Cement aus Mergelkalken c) Cement aus dolomitischen Kalken (Magnesit- und Baryt-Cement), d) Scott's Selenitmörtel, e) Cement aus Mergelerde.

a) Roman-Cement.

Die Benützung der Sheppeysteine rührt aus dem Jahre 1796, und war es der Engländer J. Parker, der sich hierauf ein Patent geben liess; er nannte das gewonnene Produkt wegen seiner der Puzzulane ähnlichen rothbraunen Farbe Roman- oder römischen Cement, welcher Name auf alle aus natürlichen Cementsteinen gebrannten Produkte übergegangen ist.

Die Bestandtheile des Sheppeysteines, der nach dem Brennen eine braunrothe Farbe besitzt, ist nach einer Analyse von Berthier:

kohlensaurer Kalk	65,7	
Bittererde	0,5	
Eisenoxydul	6,0	
Manganoxyd	1,6	
Thon	24,6	18,0 Kieselerde; 6,6 Thonerde
Wasser	1,2	
	100,0	

Der daraus gebrannte hydraulische Kalk besteht aus

55,4 Kalk
36,0 Thon
8,6 Eisenoxyd.

Der Roman-Cement der ziemlich scharf in England gebrannt, fein gemahlen, gesiebt und in Tonnen verpackt wird, besitzt dunkelbraunrothe Farbe, erhitzt sich, mit Wasser behandelt, kaum merklich, saugt wenig Wasser ein und nimmt nicht sehr an Umfang zu; er besitzt die Eigenschaft, frisch gebrannt, beinahe augenblicklich zu erhärten, wenn man ihn ohne alle Beimischung sich selbst in Berührung mit Wasser überlässt, nachdem er zuvor mit oder ohne Sand zu einem dicken Brei angerührt und tüchtig durcharbeitet ist, und erhält Steinhärte, wenn er unter Wasser versenkt wird. In reinem Zustande wendet man ihn nur zu jenem Mauerwerk an, das der Einwirkung der Wellen zu widerstehen hat; er wird dann blos mit wenigem Wasser angerührt, und die Menge, so zubereitet, darf nicht

grösser sein, als der Arbeiter in acht bis zehn Minuten verbrauchen kann; selbstverständlich kann die Masse nach dem Erhärten zu abermaligem Verbrauch erweicht, nicht mehr mit Erfolg verwendet werden. Für alle anderen Fälle wird dieser Kalk mit Sand zur Mörtelmasse vermischt; für Mauerwerk, das im nassen Boden steht, nimmt man wohl 6 Th. hydraulischen Kalk mit 4 Th. Sand. Auch bedient man sich desselben für Abputz und Stuckatur-Arbeiten. Für letzteren Zweck nimmt man 6—8 Th. Sand auf 1 Th. Roman-Cement und rührt das Gemenge in Wasser zu einem Teige an. Die Mauer, auf welche dieser Mörtel gebracht werden soll, muss vorher mit Wasser gut angefeuchtet werden, weil er, wenn ihm das Wasser entzogen wird, nicht erhärtet.

Künstlich hat man Romancemente wohl dadurch hergestellt, dass man Kalk und Thon zu gleichen Theilen innig vermischte und auf je 100 Gewichttheile dieser Mischung 1 bis 3 Th. Kochsalz zusetzte. Nach dem Formen und Trocknen der Masse wird dieselbe der Rothglut ausgesetzt und später gemahlen.

b) Cement aus Mergelkalken.

Natürliche Cemente liefern auch passende Mergelkalke und dolomitische Steinmergel[1]), die verschiedenen Formen der Braunkohlengebirge von Miesbach in Oberbayern, Salzburg und Niederösterreich, angehören, ferner der Mergel der Alpen, der Jurakalk der Wesergegend an der Porta Westphalica und Würtemberg, wie zu Ulm, der Lias der Nordalpen und Würtembergs, der Keuper Frankens, der Muschelkalk bei Kassel, Meiningen und Rüdersdorf (Krienberg), seltener ältere Kalkbildungen, wie in Deutschland so auch in anderen Ländern. Finden sich die Bestandtheile, die das Gestein zu hydraulischem Mörtel geeigenschaftet machen, nicht ganz in dem entsprechenden Verhältniss vorhanden, so lässt sich durch Zusammenmengen von Gesteinen verschiedener Zusammensetzung das richtige Verhältniss herstellen.

Alle Kalkmergel, die sich zur Herstellung von Wassermörteln eignen müssen beim Behandeln mit Salzsäure einen thonigen Rückstand von 25—30 pCt. hinterlassen; dieser Rückstand wird bei vorzüglich brauchbaren Mergeln in seiner Zusammensetzung sich dem Medwaythone nähern, der bei Fabrikation des englischen Portland eine so grosse Rolle spielt und der besteht aus:

Thonerde	17,0
Eisenoxydul	21,6
Kali	2,8
Natron	3,0.

---

[1]) Siehe Bd. I. S. 74 u. s. f.

Vielfach verwendete Mergel besitzen nach H. Meyer die folgende Zusammensetzung:

	I.	II.	III.	IV.
Kohlens. Kalk . . .	67,86	49,06	76,82	62,47
„ Magnesia . .	5,62	29,32	2,81	1,35
„ Eisenoxydul .	3,30	16,83	3,21	5,85
Thonerde	—	—	0,89	0,93
In Salzsäure löslich .	76,78	95,21	83,73	70,60
Kieselsäure	15,57	3,35	11,08	20,93
Thonerde	4,18	0,86	2,86	} 7,72
Eisenoxyd	1,13	0,43	1,86	
Kalk	0,15	0,06	0,12	0,12
Magnesia	0,57	0,01	0,05	0,30
In Salzsäure unlösl. .	21,60	4,71	15,92	29,07
Verlust	1,62	0,08	0,35	0,33
	100,00	100,00	100,00	100,00

I. Ein Mergel vom Krienberge bei Rüdersdorf gehört den oberen Lagen des Muschelkalkes an und ist stark verwittert.

II. Ein Mergel aus der Nähe von Tarnowitz ebenfalls dem Muschel kalke angehörig.

III. Ein Mergel von Hausbergen bei Minden; dieses Gestein wird zur Darstellung von Cement zu gleichen Theilen mit dem Mergel unter IV gemischt; letzterer hat denselben Fundort wie III, ist aber magerer, stark verwittert dunkelblaugrau und hat schiefrige Struktur.

Einige bayer. Mergel besitzen nach Feichtinger:

	I.	II.	III.	IV.	
Wasser	1,04	4,12	6,12	1,06	löslich in Salzsäure.
Kohls. Kalk	55,87	59,33	68,08	73,11	
„ Magnesia . . .	0,60	0,88	1,60	2,13	
Manganoxydul . . .	Spur	—	—	Spur	
Eisenoxyd	5,03	6,93	2,61	2,24	
Thonerde	1,16	4,07	5,13	1,06	
Phosphorsäure . . .	—	—	Spur	0,44	
Schwefelsäure . . .	0,74	1,02	1,08	0,82	
Kalk	0,70	—	Spur	0,84	
Magnesia	Spur	Spur	—	Spur	unlöslich in Salzsäure.
Eisenoxyd	2,04	1,10	1,30	2,30	
Thonerde	2,60	1,63	1,04	2,88	
Kieselsäure	29,19	20,14	12,70	12,10	
Kali	0,35	0,28	0,29	0,36	
Natron	0,50	0,46	0,62	0,53	
	99,82	99,96	99,96	99,94	

Die hieraus erbrannten Cemente enthielten:

	I.	II.	III.	IV.	
Wasser	0,72	1,47	0,68	1,31	löslich in Salzsäure.
Kalk	44,96	46,07	52,46	50,40	
Magnesia	1,52	0,90	0,50	1,24	
Manganoxyd	Spur	—	—	Spur	
Eisenoxyd	5,83	5,00	8,07	8,64	
Thonerde	6,43	7,13	7,43	4,61	
Kohlensäure	4,52	1,38	2,25	4,71	
Phosphorsäure	—	Spur	Spur	0,52	
Schwefelsäure	1,20	1,96	1,30	1,10	
Kali	0,45	0,25	0,30	0,50	
Natron	0,65	0,56	0,78	0,73	unlöslich in Salzsäure.
Eisenoxyd	0,40	0,58	0,28	Spur	
Thonerde	0,74	0,36	0,83	0,70	
Kieselsäure	32,60	34,07	25,21	25,29	
	100,00	99,75	100,00	99,72	

Unter den vielen natürlichen hydraulischen Kalken, die sehr verbreitete Verwendung finden, nennt Professor Manger den Bielefelder Roman-Cement, der aus einem schieferartigen Rohmaterial fabrizirt werde, das massenhaft Ammoniten und Ostraceen enthalte und aus

Kalkerde	15,14
Bittererde	0,27
Thonerde	29,27
Kieselerde	54,77
Eisenoxyd	1,49
Manganoxyd	0,06

bestehe; ferner rühmt derselbe den Cement aus der Porta Westphalica bei Minden als höchst empfehlenswerth; das Rohmaterial wird aus einem Gestein in zwei Gängen gefördert, das 6—12 Meter tief unter der Erd oberfläche bergmännisch zu finden ist; der Cement besteht aus

Kalkerde	50,94
Bittererde	1,07
Thonerde	12,53
Kieselerde	30,26
Eisenoxydul	5,20

und hat somit nahezu das für den Portland-Cement geeignete Mischungsverhältniss.

In Frankreich sind die natürlichen Cemente von Vassy und Pouilly am häufigsten angewendet; ersterer wird aus einem thonigen, Bittererde haltigen Kalkstein, der unmittelbar über dem Lias liegt, gewonnen; beim Brennen der Steine ergiebt sich ein Gewichtsverlust von nahezu 40 pCt., der Cement hat dann eine schöne mattgelbe Farbe und besteht aus

Kalk	56,6
Eisenoxydul	13,7
Bittererde	1,1
Kieselerde	21,2
Thonerde	6,9
Verlust	0,5
	100,0

letzterer wird aus einem dem Jura angehörenden Kalkstein gefertigt, der 39 Prozent Kieselerde, Thonerde, Eisenoxyd und Bittererde enthält; seine Farbe ist fast schwarz.

Ein ganz vorzügliches Rohmaterial zur Fabrikation von Romancement liefert auch der Mergel von Perlmoos bei Kufstein. Nach Dr. Feichtinger besteht derselbe aus:

In Salzsäure lösliche Bestandtheile:

Kohlensaurem Kalk	70,64	
Kohlensaurer Bittererde	1,02	
Eisenoxyd	2,58	
Thonerde	2,86	
Gyps	0,34	
Wasser u. organische Substanzen	0,79	
	78,23	Gesammtmenge der in Salzsäure löslichen Bestandtheile.

In Salzsäure unlösliche Bestandtheile:

Kieselerde	15,92	
Thonerde	3,08	
Eisenoxyd	1,40	
Kali	0,55	
Natron	0,82	
	22,77	Gesammtmenge der in Salzsäure unlöslichen Bestandtheile.

Betrachtet man die Menge des im rohen Mergel in Salzsäure unlöslichen Theils, welcher als sogenannter Thon bezeichnet wird, so beträgt dieser nur 21,77 Prozent, während die meisten Mergel eine viel grössere Menge Thon enthalten und auch in der Praxis die Annahme herrscht, dass diejenigen Mergel, bei welchen der Thon 25 bis 30 Prozent beträgt, die besten sind. Weiter unterscheidet sich dieser Mergel von anderen auch durch die chemische Zusammensetzung seines Thones, und letztere ist von einem wesentlichen Einflusse für die Güte des Cements. Vergleichen wir die chemische Zusammensetzung vom Thone des Kufsteiner Mergels mit

der des Thones vom Medway-Fluss, welcher in England zur Fabrikation von Portland-Cement verwendet wird, so finden wir darin auf 100 Kieselerde:

	Thon vom Kufsteiner Mergel:	Thon vom Medway-Fluss:
Thonerde	19,24	17,0
Eisenoxyd . . .	8,79	21,6
Kali	3,45	2,8
Natron	5,15	3,0
	36,73	44,4

Man sieht hieraus, dass im Thon vom Kufsteiner Mergel die Kieselerde schon mit einer bedeutenden Menge von Basen verbunden ist; letztere betragen der Quantität nach nur um einige Prozent weniger, wie im Thone des Medway-Flusses, aber immerhin mehr als in den Mergeln sonst gefunden wird. Dadurch hat der Thon im Kufsteiner Mergel auch die Eigenschaft, im Feuer leichter zu schmelzen, er kann leicht aufgeschlossen werden.

Gebrannt liefert der Kufsteiner Cement nach Dr. Feichtinger ein Material von folgender Zusammensetzung:

Kalk	55,78
Bittererde	1,62
Thonerde	8,90
Eisenoxyd	6,05
Kali	0,75
Natron	1,06
Kieselsäure	22,53
Kohlensäure	1,46
Schwefelsäure	1,85
	100,00

Wir haben es hier mit einem Romancement zu thun, der an Güte dem künstlich zusammengesetzten Portlandcement sehr nahe steht und deshalb auch unter dem Namen Perlmooser Portlandcement sich einen grossen Ruf erworben hat.

Alle natürlichen Mergel werden in der Regel nur in mässiger Hitze bei Vermeidung von Sinterung gebrannt; hierbei wird die Kohlensäure zum grösstentheil ausgetrieben und das in Säuren unlösliche, dem Kalksteine beigemengte Silikat (Thon) aufgeschlossen; ein solches Silikat hat dann die Fähigkeit mit Wasser in Berührung ein erhärtendes sehr basisches Kalkhydrosilikat zu erzeugen.

Die gebrannten Stücke zeigen einen mehr erdigen Bruch und setzen dem Zermahlen keinen grossen Widerstand entgegen.

Hat man es jedoch mit Mergeln zu thun, die wie der Perlmoser reich an Alkali und Eisenoxydul sind, so geräth der Thon früher in Fluss ehe die

Kohlensäure aus dem Kalk entfernt ist; bei ihrem Entweichen aber entstehen dann Schlackenbläschen, deren in Blättchen zertrümmerte Wandungen, nach Carolath, die für guten Portlandcement charakteristische blättrige Struktur geben.

Schmilzt der Thon erst, nachdem die Kohlensäure aus dem Kalke entwichen ist, so zeigt der gemahlene Cement nur die Kugelform, und ist viel weniger dicht.

Während bei bis zur Versinterung gebrannten Cementen die aus dem leichtflüssigen Thon gebildete Hülle die Kalktheilchen umgiebt, so dass sie weniger leicht Wasser aufnehmen und dann allmäliger erhärten, so ziehen nur schwach gebrannte Cemente das Wasser schneller an, erhitzen sich stärker nnd erhärten schneller, geben aber einen weniger festen Mörtel.

Zur Beurtheilung der Brauchbarkeit von Mergel zur Cementfabrikation wird man auf eine empirische Probe angewiesen sein, indem man das betreffende Rohmaterial brennt, zermahlt, und mit Wasser zu Kugeln formt, und diese in bezug auf ihr Hartwerden im Wasser beobachtet; denn es hat sich herausgestellt, dass bei gleicher Brennhitze und gleicher Zusammensetzung zweier Mergel Cemente von äusserst verschiedener Qualität gewonnen werden können; wenn eine chemische Analyse des Rohmaterials auch vielfache Anhaltspunkte für die Brauchbarkeit desselben gewährt, so ist eine solche doch keineswegs als unfehlbar zu betrachten.

Das Brennen selbst geschieht in Kalköfen, oft in gewöhnlichen, besser aber in Schachtöfen, in welchen die Steine in Stücke zerschlagen mit dem Brennmaterial in wechselnden Schichten aufgegeben werden. Das Brennen verlangt die grösste Umsicht, da von der Dauer und dem Grade der Erhitzung Alles abhängt. Bei den meisten natürlichen hydraulischen Kalksteinen darf die Rothglühhitze nicht überstiegen werden; denn steigert man sie zu hoch, so tritt Frittung ein, das Gestein wird klingend, ist todtgebrannt und liefert keinen hydraulischen Kalk mehr; ist die Temperatur zu niedrig, so brennen die Steine nicht durch und enthalten Kerne des unveränderten Gesteins. Bei möglichst niedriger Temperatur gebrannte Steine liefern übrigens einen Cement, welcher raschen Zusammenhang erhält, freilich oft auf Kosten der Festigkeit. Gare Stücke haben durch und durch eine gleichmässige mehr oder weniger gelbröthliche Farbe, während bei ungaren ein Kern mit der natürlichen meist grauen Farbe des Mergels verbleibt.

Nach dem Brennen und Zerkleinern unter Walzen, dann unter Mühlsteinen oder Quetschwerken wird der Cement gesiebt und bedient man sich dazu eines Siebes das auf 1 qcm. 18 Löcher besitzt; das fein gesiebte sich mehlig anfühlende Pulver von 2,723 spez. Gewicht wird gewöhnlich in Fässer verpackt, die zum Schutz gegen die äussere Nässe innen dicht mit Papier ausgelegt sind. Dieser Cement wird zum Gebrauche mit Wasser angemacht und entweder mit oder ohne Sandzusätze verarbeitet; er erhärtet

in der Regel sehr schnell, erhält aber meistens erst nach längerer Zeit seine volle Festigkeit.

Was die Verwendung der hydraulischen Kalke anbetrifft, so ist dieselbe eine äusserst vielseitige, und richtet sich meistentheils nach der Qualität des erbrannten Produkts, das wie bereits erwähnt wurde, dem Portlandcemente oft sehr nahe steht, ja demselben wohl Konkurrenz zu machen im Stande ist. Da die Gleichwerthigkeit von einzelnen Roman- und Portlandcementen ein und dieselbe Verwendung zur folge hat, so werden wir die so vielseitige Verarbeitung dieser Materialien in einem späteren Abschnitte näher besprechen.

Natürliche Portlandcemente werden auch anderenorts gewonnen, so ist in Oberkammerlohe bei Tölz im bayer. Gebirge in neuester Zeit eine Fabrik errichtet, die sogenannten Betoncement liefert; Ulm, Blaubeuern, Judendorf, Eisenkappel auch in Gartenau bei Salzburg, dann in Bescsin (Ungarn) wird Portlandcement aus einem dort vorkommenden Mergel fabrizirt; auch in der Schweiz und in Frankreich hat diese Fabrikation eine grosse Bedeutung erlangt; so bestehen in Grenoble allein 6 Fabriken, welche anfangen, die künstliche Portlandcementfabrikation dort ganz zu verdrängen.

c) Cement aus dolomitischen Kalken und Magnesit.

(Baryt-Cement).

Nachdem die hydraulische Wirkung der Magnesia durch Deville nachgewiesen war, verwendet man auch dolomitische Mergel zur Cementfabrikation. In der Nähe von Heidelberg wird ein Mergel verarbeitet, der zusammengesetzt ist aus

Kalk	44,22	Manganoxydul . . .	2,33
Magnesia	17,77	Kali und Natron . .	4,72
Eisenoxyd	3,07	Kieselsäure	22,14.
Thonerde	5,75		

Nach Berichten behandelt man dies Gestein in zweierlei Art: Man brennt dasselbe bei einer Temperatur die 400⁰ nicht übersteigt, so dass die Magnesia ihre Kohlensänre verliert, der Kalk sie jedoch behält; in diesem Falle ist die Magnesia als Hydraulefaktor wirkend, sie erhärtet mit Wasser angemacht, Magnesiahydrat bildend, und schliesst den kohlensauren Kalk in sich ein. Andererseits brennt man den Mergel bei einer Hitze so stark, dass eine Sinterung eintritt; in diesem Falle verliert zwar die Magnesia ihre Hydraulizität, sie tritt aber zur Kieselsäure in dasselbe Verhältniss, wie vorher der Kalk. Demnach bildet sich unter Zuthun von Wasser Kieselsäurehydrat, welches die todtgebrannte Magnesia mit

in seine Verbindung aufnimmt; der auf diesem Wege erhaltene Cement soll härter werden, als der bei geringerer Temperatur erbrannte.

Die Brennhitze spielt somit bei Verwendung dolomitischer Mergel zur Cementfabrikation eine bedeutende Rolle, da von ihr die Güte des Produktes wesentlich abhängt. Nach Hauenschild soll der kohlensaure Kalk in mässig gebranntem Dolomit nicht ganz wirkungslos sein, sondern sich in der Weise an der Erhärtung des Cementmörtels betheiligen, indem derselbe in eine wasserhaltige Kalkkarbonatform übergeht; hieraus erkläre es sich, dass ein aus Dolomit erbrannter Cement mehr Sand verträgt als solcher aus reinem Magnesit. Weiters wird darauf hingewiesen, dass auch das Magnesiahydrat beim Erhärten Kohlensäure aufnimmt, wodurch es noch kohärenter wird. Zur Fabrikation von Cementen aus Dolomit eignen sich die an Magnesia reichhaltigsten; der Verbrauch an Brennstoff ist ein sehr geringer, die Brennzeit eine sehr kurze.

Richtig gebrannter Dolomit zeigt schneeweisse Farbe mit einem Stich in's Röthliche, das gemahlene Produkt sieht dem gemahlenen Gyps sehr ähnlich; zur Herstellung des Mörtels genügt $\frac{1}{3}$ Volumen oder 50 pCt. des Gewichts an Wasser; die eintretende Erhärtung steht derjenigen der besseren Silikatcemente in nichts nach; als Sandzusatz vertragen diese gebrannten dolomitischen Kalke das 6 fache.

Die dolomitischen hydraulischen Kalke haben sich auch im Meerwasser ausserordentlich gut bewährt; der hydraulische Kalk von Cavignach wird aus einem Gestein gewonnen, dessen Analyse nachweist:

kohlensaure Magnesia . . .	61,15
kohlensaure Kalkerde . . .	21,41
kohlensaures Eisenoxydul . .	8,76
Kieselsäure	5,58
Thonerde	2,07
Wasser	1,10.

Beim mässigem Brennen verliert das Magnesiakarbonat seine Kohlensäure, während der Kalk sie behält; fein gemahlen und Wasser zugebracht wird sich Magnesiahydrat bilden, welches den festen kohlensauren Kalk in seine Verbindung mit einschliesst und wegen seiner nahezu absoluten Unlösbarkeit in Wasser einen vorzüglichen hydraulischen Mörtel abgiebt. Würde sich beim Brennen des Gesteins zugleich eine grössere Menge gebrannten Kalks bilden, so wird die Wirkung der Magnesia vollständig aufgehoben, indem der mit Wasser sich bildende Kalkbrei kein Substrat für die Verkittung unter Wasser abzugeben vermag.

Jeweniger Kieselsäure und Thonerde in dem Magnesiakalksteine (Dolomit) enthalten ist, desto wichtiger ist es, den Brennprozess so zu leiten, dass nur möglichst wenig Kalk seine Kohlensäure verliert; je thonreicher dieselben aber sind, desto weniger hat man einen Nachtheil von

der Anwendung zu hoher Temperaturen zu fürchten; denn der freie Kalk findet bei sehr thonreichen dolomitischen Kalken hinreichend Kieselsäure und Thonerde, um dann auch mit diesen hydraulische Verbindungen zu bilden.

Neueste Versuche haben auch ergeben, dass man aus Zechsteindolomiten (die aus kohlensaurem Kalk und kohlensaurem Magnesia bestehen) und Thonzuschlägen sehr brauchbare Portlandcemente darstellen kann[1]).

Nach den Mittheilungen aus dem Laboratorium der polyt. Schule zu Riga ist es M. Glasenapp gelungen den gebrannten Dolomit zur Herstellung von Abgüssen zu verwenden. Hierzu dienten 100 Th. feingepulverten, vorher seiner Kohlensäure durch Brennen beraubten Dolomits, welchem 70 Th. Wasser zugesetzt wurden. Aus diesem Gemenge ergab sich ein Brei, wie solcher bei Herstellung von Gypsabgüssen zur Anwendung kommt. Nach 5 bis 10 Minuten fand ein energisches Binden statt, wobei die Masse vollkommen erstarrte und beim längeren Liegen an der Luft so fest wurde, dass sie durch den Nagel nicht mehr geritzt werden konnte. Mehrfache Versuche, Abgüsse von gebranntem Dolomit zu machen, sollen vollständig gelungen sein, so dass der Dolomit den Gyps in vielen Fällen mit Vortheil ersetzen kann. Die Farbe der betreffenden Abgüsse soll angenehm, hell fleischfarben sein[2]). (Wenn sich diese Angaben wirklich bewähren, haben dieselben eine ganz ausserordentliche Bedeutung.)

Unter der Bezeichnung Albolith wird von Rieman in Breslau ein Cement hergestellt, dessen wesentlicher Bestandtheil Magnesia ist; zerkleinerter Magnesit, ein natürliches Magnesiakarbonat wird gebrannt, gemahlen und gesiebt, und dann mit einer entsprechenden Menge amorpher Kieselsäure vermischt; wird dieses Cementpulver mit Wasser in Berührung gebracht, so erfolgt die Hydratbildung sofort und man erhält eine dem Gyps ähnliche erhärtende Masse; mischt man aber das Cementpulver mit einer stark gesättigten Lösung von Chlormagnesium und Wasserglas, so erhält man eine ausserordentlich widerstandsfähige Masse, die in bezug auf Härte den härtesten Steinen gleich kommt und auch beim Formen von plastischen Gegenständen die Form ungemein scharf ausfüllt; eine solche Albolithmasse eignet sich vorzüglich zur Herstellung von Tischplatten, Getäfel und anderen plastischen architektonischen Gegenständen, wie Kapitälen, Ornamentfriesen etc. Gypsornamente mit Albolithcementmasse öfters bestrichen — bis nichts mehr einzieht — werden äusserlich steinhart; diese Masse eignet sich auch zu Anstrichen auf Stein und Holz, zum Verkitten von Fässern, und zur Reparatur schadhafter Kalk- und Sandsteine.

[1]) Dinglers Journ. Bd. 209 S. 286.

[2]) Dinglers polyt. Journ. 1878 Bd. 227 S. 192.

Ein Baryt-Cement, der härter als irgend ein anderer werden soll, wird hergestellt aus einem Gemisch von 2 Aeq. Kieselsäure, 1 Aeq. kieselsaure Thonerde, 9—10 Aeq. kohlensaurer Kalk; dies Gemisch wird im Flammofen gebrannt, gemahlen und mit 2—3 Aeq. künstlichem kohlensaurem Baryt versetzt und nochmals gebrannt und gemahlen.

Weitere Versuche von Aron haben ergeben, dass Barytcement ein wesentlich anderes Verhalten wie ein analoger Kalkmörtel zeigt, besonders in Berührung mit Wasser.

Mischungen von Kalk und Thon, derart, dass auf 10 Säureaequivalente 20—24 Basenaequivalente kommen, zeigen innerhalb dieser Grenzen eine nicht sehr eng begrenzte Zone, auf der sich beim Brennen Silikate bilden, die gepulvert und mit der erforderlichen Menge Wasser angemacht, dieses ohne Einwirkung aufnehmen und an der Luft sowohl, wie im Wasser erhärten; in letzterem sogar stärker.

Diejenigen Mischungen von Baryt und Thon innerhalb genannter Grenzen zeigen zwar auch einen Punkt, wo das erbrannte Produkt sich mit Wasser nicht mehr erwärmt, ein Zeichen, dass kein freier Aetzbaryt, sondern Barytsilikat vorhanden ist; auch tritt energische Wasserbindung und Erhärtung ein, jedoch nur in der Luft, nicht im Wasser, letzteres löst vielmehr das gebildete Hydrosilikat und bringt es zum Zerfall.

Die Barytcemente liessen sich demgemäss allenfalls als Luftmörtel verwenden, nicht aber als Wassermörtel.

e. Scotts Selenitmörtel.

Scotts Selenitmörtel wurde vor nahezu 20 Jahren in der Weise dargestellt, dass man auf glühenden Aetzkalk die Dämpfe von brennendem Schwefel führte (siehe Seite 280); die späteren Versuche von Scott ergaben den Nachweis, dass man die gleichen Resultate erreiche, wenn man dem gewöhnlichen Kalke vor der Behandlung in der Glühhitze eine entsprechende Menge (etwa 5 pCt.) Gyps zusetzt; in neuester Zeit endlich kam Scott auf eine ganz einfache Abänderung, indem er dem gebrannten Kalke erst beim Löschprozesse den Gyps zufügte; hierdurch wird die Zubereitung des Selenitmörtels höchst einfach und wohlfeil. Man löscht nämlich den gebrannten Kalk wie gewöhnlich und versetzt nur das zu verwendende Wasser mit einigen Prozenten Gyps. Das gypsartige Wasser wirkt aber nicht wie reines Wasser auf den gebrannten Kalk und es entwickelt sich beim Löschen eine kaum merkliche Hitze; nach Sandzugabe aber entsteht ein Mörtel, der schnell und kräftig erhärtet, und während ein guter Luftmörtel aus 1 Vol. Kalk und 3. Vol. Sand zusammengesetzt ist, verträgt diese Mörtelkomposition auf 1 Vol. Kalk mit Gypswasser angemacht 5—6 Vol. Sand, wobei sie bedeutend härter wird und grössere Festigkeit annimmt, als dies beim gewöhnlichen Luftmörtel der Fall ist.

Um diese weittragende Umänderung der Eigenschaften des Kalkes hervorzubringen, genügen 2 pCt. Gyps.

Fr. Schott (im Fr. Knapp'schen Laboratorium in Braunschweig) hat nun den Einfluss des Gypses auf den Kalk zu erforschen gesucht und ist zu folgenden Resultaten gekommen: Auf Kalk, der sich im Wasser augenblicklich ablöscht, hat der Gyps keinen Einfluss. Bei langsam löschenden Kalken dagegen, die dem Einflusse des Gypses Zeit lassen, verzögert derselbe das Löschen beträchtlich bis zum Erlahmen der dabei auftretenden Erscheinungen, sowohl des Aufschwellens als der Wärmeentwickelung, und geht weit schon die Wirkung einer gesättigten Gypslösung. Bei Zusatz von mehr Gyps, als das zum Anmachen des Kalkes nothwendige Wasser zu lösen vermag, knüpft sich an die Abschwächung des Löschens noch eine zweite Erscheinung, nämlich die Fähigkeit des Kalkes, zu erhärten und zwar in einer Weise, die dem wie gewöhnlich gelöschten Kalke nicht zukommt, nämlich hydraulisch d. h. mit Ausschluss der Kohlensäure unter dem blossen Einflusse des Wassers. Die Erhärtung erfolgt schon vollkommen bei Zusatz von 1,5 Gewichtstheilen Gyps auf 100 Gewichtstheile Kalk und wird durch Vermehrung nicht weiter erhöht. Die bindende Kraft, welche der Kalk dabei erlangt, ist so beträchtlich, dass sie selbst durch einen sehr starken Ueberschuss von ungebrannten Gyps noch nicht aufgehoben wird. Mit dem Eintreten der Erhärtung, also mit dem ersten Abbinden, tritt fühlbare Erwärmung ein; bei dicken Massen — zolldicken Kugeln oder zolldicken Platten — steigt die Erwärmung immerhin bis zur Dampfbildung im Inneren und in folge dessen zum Verfallen. Durch Einlegen der Masse in kaltes Wasser nach dem Beginne des Abbindens wird die Dampfbildung durch Zerstreuung der Wärme und der Guss am Zerfallen gehindert; besonders dünne Güsse oder kleinere Stücke behalten ihren Zusammenhang auch ohne Abkühlen durch Wasser.

Um das Verhalten von Kalk und Gyps im Selenitmörtel aufzuklären, ergab sich durch Versuche, dass der gebrannte Kalk der Gypslösung, in der er sich befindet, unter mässiger Erwärmung ein äusserst geringes Quantum (einige Tausendstel) an Kalksulfat entzieht; diese Menge ist schwankend und trägt der Vorgang nicht den Charakter einer chemischen, sondern vielmehr den einer physikalischen Erscheinung, eine Absorption durch Flächenanziehung und hierin erblickt Schott auch die Ursache der Hydraulizität.

Indem sich der Kalk in allen seinen Theilen mit Gyps überzieht, und zwar mit Gyps, der in der umgebenden Flüssigkeit gänzlich unlöslich ist, so sind die Theilchen des Kalkes wie mit einem Firniss überzogen, aber einem Firnisse, der den Zutritt des Wassers zu dem eingeschlossenen Kalk zwar bedeutend erschwert, jedoch ohne ihn gänzlich abzuschneiden. Unter dieser Bedingung erfolgt nun der zweite Akt des Vorganges; es macht

sich die Affinität des Kalkes zum Wasser geltend, und die Bildung von Kalkhydrat tritt ein. Das Wesentliche ist dabei, dass sie in folge der beschränkten Berührung zwischen Kalk und Wasser sich nur allmälig und langsam vollziehen kann. Deshalb wird auch nur langsam Wärme frei, die sich zum grössten Theil wieder zerstreut und nicht zu einer stürmischen Dampfbildung des eingesaugten Wassers ausreicht. Der Kalk wird zu Hydrat, ohne dabei zu zerfallen.

Auch nach Landrin's Untersuchungen nimmt natürlicher Gyps, welcher kohlensauren Kalk enthält und der sich nach dem Brennen in Aetzkalk verwandelt hat, hydraulische Eigenschaften an; der vorhandene Kalk wird sich nämlich beim Anmachen des Gypses mit Wasser löschen und veranlasst eine Temperaturerhöhung, welche dazu beiträgt ein schnelleres Festwerden zu veranlassen; ferner erlangt der Gyps eine bedeutende Härte, welche ohne Zweifel davon herrührt, dass er an der Luft in Karbonat übergeht. Gypse mit 10 pCt. Kalk gaben verarbeitet vorzügliche Resultate, auch hat Landrin Mischungen von Cementen hergestellt aus 25 pCt. Gyps und 75 pCt. Kalk[1]).

f) Cement aus Mergelerde.

Cement aus Mergelerde (Wiesenmergel) wird in der Weise hergestellt, dass man die hierzu taugliche natürliche Erde einsumpft, sie wie Ziegel formt und trocknet; das Brennen erfolgt häufig in den Ziegelbrennöfen mit den Ziegelsteinen zugleich oder auch in eigenen konstruirten, liegenden Kalköfen; die Hitze wird nur bis zur Rothglut getrieben, denn es handelt sich hier nur darum, die Kohlensäure auszutreiben, zugleich aber auch um die cementirenden Stoffe soweit für den Kalk aufzuschliessen, dass dieser mit ihnen beim Zugeben von Wasser in erhärtende Verbindung tritt; die gebrannten Formsteine werden dann zu Pulver zermahlen, das je nach der Güte des so erhaltenen Cementes weniger oder mehr Sandzuschläge verträgt, und weniger oder mehr hydraulische Eigenschaften besitzt; diese Cemente zeichnen sich in der Regel weniger durch Güte, mehr aber durch grosse Wohlfeilheit aus.

---

[1]) Compt. rendus T. 79. S. 658.

3. Bereitung des Wassermörtels durch künstliche Gemenge von Kalk und Thon.

(Portlandcemente.)

Der ausgezeichnetste der hierher gehörigen Cemente ist der Portlandcement, benannt wegen seiner grünlich-grauen, der des beliebten Portlandbausteins ähnlichen Farbe; er wurde anfänglich in folgender Weise zusammengesetzt: Eine bestimmte Quantität Kalksteine, wie sie zum Wegmachen (in Leeds) verwendet wurden, werden durch Maschinen pulverisirt, oder man nimmt, was wohlfeiler ist, den Staub oder zerfahrenen Schlamm von den mit diesem Material reparirten Strassen, trocknet die Masse und brennt sie in einem Kalkofen auf die gewöhnliche Weise. Hierauf wird eine gleiche Quantität Thon mit dem gebrannten Kalk unter Zusatz von Wasser gemischt und zu einer plastischen Masse zusammengearbeitet; diese bringt man in flache Geschirre und trocknet sie durch natürliche oder künstliche Wärme. Die getrocknete Mengung wird dann in Stücke gebrochen und nochmals in einem Kalkofen gebrannt, bis alle Kohlensäure entwichen ist; schliesslich wird die Masse zum Gebrauch in feines Pulver verwandelt. Dieser Cement wird nicht sehr schnell hart, aber er erlangt eine ausserordentliche Festigkeit. Pasley machte die Cementbereitung wohlfeiler, indem er durch Zufall den sehr geeigneten blauen Thon des Medway-Flusses, der die Docks von Chatham bespült, auswählte und denselben auf je einen Theil mit 2 Theilen gepulverter Kreide zusammenmischen liess. Später fand Pasley, dass eine Mischung von 10 Gewichtstheilen reinen trockenen Kreidepulvers mit $13^3/_4$ Gewichtstheilen frischen Medway-Thones den festesten künstlichen Cement gebe; dass übrigens bei der Zusammensetzung dieser Cemente sehr viele Vorsicht anzuwenden sei, lehrt die Erfahrung Pasley's in bezug auf die veränderliche Mischung des Medway-Thones, denn er musste in den Jahren 1828 bis 29 11 pCt. mehr Kreide zum Thon mengen, als im Jahre 1836, um Cement von derselben Qualität zu erhalten.

Die Kreide wird fein gemahlen; der Thon als feiner Schlamm mittelst einer Messermaschine damit innigst gemengt; dann wird die Masse in Ziegelform gebracht, getrocknet und scharf gebrannt. Die gebrannten Ballen werden dann ganz fein gemahlen und das unfühlbar zarte Pulver vor dem Zutritt der Luft geschützt.

In Deutschland nahm Dr. M. Bleibtreu die Fabrikation des künstlichen Portlandcements in die Hand und wurden durch ihn eine Menge Fabriken gegründet; so Quistorp's Fabrik bei Misdroy, der Bonner Bergwerks- und Hüttenverein, Müncheberger Gewerkschaft bei Cassel, Hasslinger in Moabit etc.

Die Portlandcemente die gegenwärtig überall aus verschiedenen Rohmaterialien hergestellt werden, stimmen in ihren Analysen ziemlich überein, wie dies die hier beigegebenen nachweisen mögen:

	engl. Portlandc. nach Pettenkofer	Bonner Portlandc. nach Feichtinger
Kalk	54,11	57,18
Magnesia	0,75	1,32
Kali	1,10	0,58
Natron	1,66	0,70
Thonerde	7,75	9,20
Eisenoxyd	5,30	5,12
Kieselsäure	22,23	23,36
Kohlensäure	2,15	1,90
Phosphorsäure . . .	0,75	—
Schwelsäure	1,00	0,64
Sand	2,20	—
Wasser	1,0	—
	100,00	

Die folgenden Analysen des Stettiner- (I), Wildauer- (II), des Sterncements (III) und des Portlandcements von White and Brother sind von Michaelis ermittelt:

	I	II	III	IV
Kalk	61,74	60,33	61,64	59,06
Kieselsäure	25,63	25,98	23,00	24,07
Thonerde	6,17	7,04	6,17	6,92
Eisenoxyd	0,45	2,46	2,13	3,41
Magnesia	2,24	0,23	—	0,82
Kali	0,60	0,94	—	0,73
Natron	0,40	0,30	—	0,87
Schwefels. Kalk . .	1,64	1,52	1,53	2,85
Thon . . . . . / Sand	1,13	1,04	1,28	1,47.

Zur Erzielung eines tadellosen Portlandcements ist nach Michaelis vor allen Dingen eine richtige Wahl des Rohmaterials zu treffen.

Das beste Rohmaterial als kalkhaltige Substanz möchten weiche reine Kalksteine sein, wie dies von vielen Kreiden zu sagen ist; von Thonen wählt man solche die möglichst kieselsäurereich sich der Zusammensetzung des Medwaythones nähern (S. 299). Diese Rohmaterialien sind dann so zu wählen, dass im gebrannten Cement auf 80 Aeq. Kieselsäure 210 bis 230 Aeq. Kalkerde (Aetzkalk) und 15 bis 25 Aeq. Thonerde und Eisen-

oxyd komme. Nach Heeren ist das günstigste Verhältniss 70 Kreide 30 wasserfreier Thon.

Aeusserst wichtig für das Gelingen eines brauchbaren Cements ist das innige Mischen der Rohmaterialien, und erfolgt dies entweder auf nassem oder auf trocknem Wege, je nachdem das Rohmaterial dies bedingt. Kommt Kreide zur Anwendung so wird diese in einem Schlammherde unter kontinuirlichem Wasserstrahl in eine milchartige Flüssigkeit verwandelt, die beim Fortleiten ihren Sandgehalt am Boden zurücklässt. Der Thon wird in der Regel künstlich getrocknet und zum feinsten Pulver zermahlen der geschlämmten Kreide zugefügt, Kalk und Thon werden auch wohl unter schweren Mühlsteinen und unter reichlicher Wasserzuführung gemahlen, wobei das hinreichend zarte Pulver abgeschlämmt wird, und sich in ein Bassin ablagert; vom Wasser befreit, gelangt dieser den Thon und Kalk in feinster Vertheilung enthaltende Schlamm in den Thonschneider, und setzt man demselben wohl, um ihm die nothwendige Konsistenz zu geben, getrocknete pulverisirte Massen gleicher Art bei.

Auf trocknem Wege werden Thon und Kalkstein zunächst für sich in trocknem Zustande gemahlen und dann gemischt oder sie werden gleichzeitig gemahlen; beide Thon- und Kalkpulver versetzt man alsdann mit wenig Wasser, lässt sie hierauf durch Thonschneider gehen, und verdichtet schliesslich die Masse durch Pressung. Auf diese Weise verarbeitet man mit sicherem Erfolge silikatreiche d. h. hydraulische Kalke und kalkreiche Thone (Thonmergel).

Aber auch eine gemischte Methode findet Verwendung indem nur der Thon einem Schlämmprozesse unterworfen, der gemahlene Kalkstein dagegen als feines Pulver beigemischt wird; das Ganze erhält dabei die nöthige Steife um geformt werden zu können.

Werden Kalksteine zur Cementfabrikation verarbeitet, so ist zum „Verschroten“ entweder eine Steinbrechmaschine oder ein Walzwerk nothwendig; bei Anwendung von Kreide oder Wiesenmergel genügt ein einfaches Mahlwerk mit Kollergang. Als Mischapparat dienen ähnliche Thonschneider wie sie bei der Ziegelfabrikation besprochen wurden[1]); in denselben erfolgt die innige Mischung der zerkleinerten Rohstoffe und tritt die fertige Cement-Rohmasse am unteren Ende der Mischmaschine durch 2 Oeffnungen aus; in der gewöhnlichen Art des Ziegelstreichens wird die Masse dann in Ziegelformen gebracht und zum Trocknen aufgestellt. Mit grossem Vortheil verwendet man in neuester Zeit auch die Trockenpressen und bildet unter starkem Druck Cement-Rohmasse Steine, welche ohne jede weitere Trocknung in den Ofen gebracht werden können[2]); ein Vortheil der nicht hoch genug anzuschlagen ist! Die getrocknete Masse

---

[1]) Vergleiche Band I S. 223, 246, 251.

[2]) Vergleiche Band I S. 253.

wird dann in nahezu faustgrosse Stücke zerschlagen und in den Ofen gebracht[1]).

In Frankreich (Grenoble) verfährt man bei der Portland-Cementfabrikation in der Art, dass man den Kalkstein brennt, den gebrannten in Körben gebrachten Kalk in Wasser taucht, und ihn dann zu Kalkmehl zerfallen lässt. Letzteres wird dann gesiebt, die nicht zerfallenen Steine aber gemahlen. In gleicher Weise verfährt man mit dem, der Fabrikation dienenden Thonmergel; ist auch dieser gebrannt und gemahlen, erfolgt die Mischung beider Rohmaterialien unter Beigabe des nothwendigen Wassers; die geformten Steine werden dann dem Trockenofen übergeben etc.

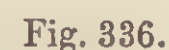
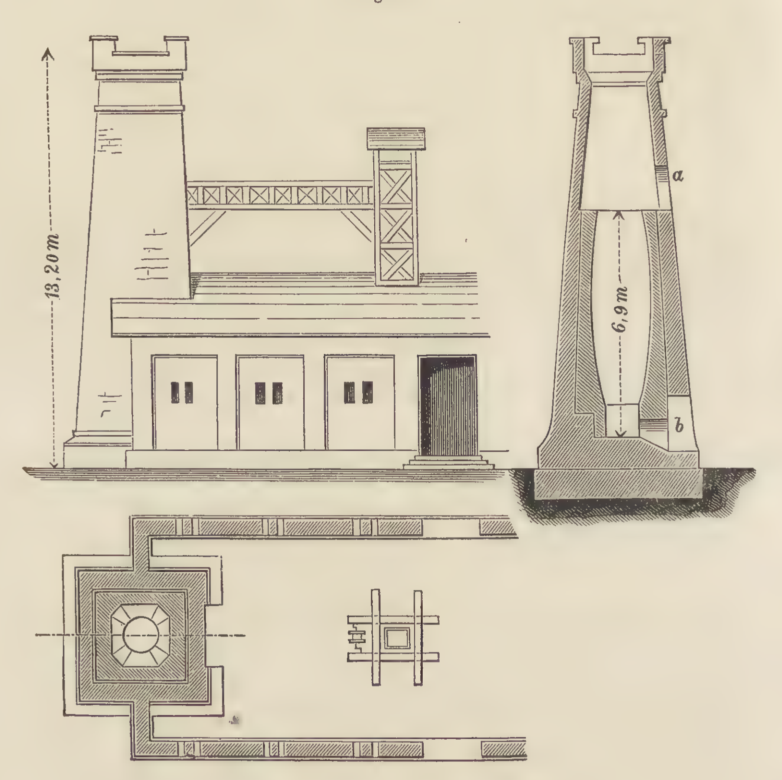


Fig. 336.



Zum Brennen der Portlandcementsteine verwendet man am zweckmässigsten eigens konstruirte Schachtöfen von vorstehender Form; der Ofen (Fig. 336) in seiner ganzen Höhe 13,20 m. messend, ist in seiner

[1]) Ueber die Herstellung von Cementfabriken, über die dazu benöthigten tadellosen Rohmaterialien und über deren zweckentsprechende Behandlung giebt aus der Feder Dyckerhoffs werthvolle Notizen: Die deutsche Industrie-Zeit. 1875 S. 236.

Höhe getheilt und bildet in seinem 6,9 m. hohem unteren Theil den eigentlichen Brennraum, der mit einer Ausfütterung von feuerfestem Material zu versehen ist; der 4,8 m. hohe Aufsatz dient zur energischen Abführung der Verbrennungsgase; der äussere Ofenmantel ist gegen den Brennschacht mit einer isolirenden Füllung zu versehen: zur mittleren Breite des Brennschachtes, dessen Querschnitt der Grundriss versinnlicht, wählt man am vortheilhaftesten das Mass von 2 Metern; gegen unten verengt sich der Schacht bis zu einem Meter und schliesst hier mit einem Rost ab, der herausgenommen werden kann; nach oben verengt sich der Schachtofen auf 1,27 Meter; der über dem Brennraume sich befindende Rauchschlot erweitert sich an der Gicht auf 2,4 m. Bei a befindet sich mit einer Ladebrücke und Aufzug verbunden die Thüröffnung zur Beschickung des Ofens. Bei b ist der unter dem Rost 1 m. hohe Raum zum Entleeren des Ofenschachtes.

Beim Beschicken des Ofens wird zunächst auf den Rost leicht entzündliches Brennmaterial aufgebracht und dann der Brennschacht abwechselnd mit Schichten von Brennmaterial (Koks, Kohlenklein) und rohen Cementsteinen bis zur Eintragsöffnung gefüllt; das auf dem Rost sich befindende Brennmaterial wird dann entzündet und der Ofen sich selbst überlassen. Die ganze Beschickung wird in folge des Brandes, welcher die Versinterung der zu brennenden Massen zur folge hat, stark sinken und man beschickt deshalb, sobald die Flammen von der Eintragsöffnung aus sichtbar werden, den Ofen von neuem mit frischem Brennmaterial und Steinschichten und füllt den Ofenschacht bis oben hin voll. Mittlerweile lässt sich der Rost heraus nehmen, denn die gebrannten Steine erscheinen als eine wenn auch nur locker zusammen gesinterte Masse, welche von selbst nicht in dem sich nach unten verjüngenden Schacht abrutschen kann.

Beim Brennen wird zuerst ein Verdampfen des vorhandenen Wassers eintreten, dann erfolgt das Freiwerden der Kohlensäure und endlich die Frittung, letztere bei der sogenannten Gelbglut.

Die Versinterung oder Frittung ist nothwendig, damit der Thon vom Kalk vollständig aufgeschlossen wird, und sich der Hauptsache nach Kalksilikate und Kalkaluminat bilden können; als Accessorien wenn auch nur in geringer Menge sind kieselsaure Alkalien, Thonerde, Magnesia und auch wohl schwefelsaurer und phosphorsaurer Kalk vorhanden.

Das Brennen bis zur Frittung verleiht dem Portlandcemente seine vorzüglichen hydraulischen Eigenschaften; bei zu hoher Temperatur erbrannte binden jedoch das Wasser nicht mehr.

Während des Brennens und zwar bei anhaltender Rothglut zeigt der Kalk eine hellgelbbraune Farbe, und hat dann noch die Eigenschaften des gewöhnlichen Aetzkalkes, mit Wasser sich stark zu erhitzen und zu zerfallen; wird die Masse dunkelbrauner, so deutet dieses auf fortschreitende Aufschliessung des Thones und auf Silikatbildung; nimmt das Gemenge bei

Weissglut eine graue Farbe mit Stich ins Grüne (von einer Eisenoxydkalk- oder Silikatbildung) an, so ist dies für die Cementbildung gut. Wird die Temperatur noch weiter gesteigert, sodass der Cement eine blaugraue Färbung annimmt, so tritt vollständige Schmelzung ein, wodurch der Cement total untauglich wird.

Beim normalen Verlauf der Fabrikation soll beim Brennen das Material nicht zerfallen, was meistens der Fall ist, wenn die Beschickung zu thonerdereich war, während sich mit zunehmendem Kalkgehalte das Material um so normaler brennen lässt, wenn die Mischung der Rohmaterialien eine recht innige war; durch Zuschlag von Kalk und Alkalien lässt sich das Zerfallen verhüten, aber nur bei inniger Mischung und unter Vermeidung des Todtbrennens.

Ein Zerfallen des Brenngutes findet bei ganz normalen Mischungen auch dann statt, wenn dasselbe zu langsam gebrannt wird, ein Umstand, der bei freistehenden Schachtofen nur zu leicht durch ungünstige Witterungsverhältnisse sich geltend macht; es wäre in dieser Beziehung wünschenswerth alle Cementöfen von den Witterungsverhältnissen unabhängig zu machen.

Ist der Ofen ausgebrannt und erkaltet schreitet man zum Ausziehen der gebrannten Massen und hat dazu wohl hin und wieder Brechstangen nothwendig. Dann werden die allenfalls gänzlich verglasten Stücke ausgesondert und ebenso die nicht gar gebrannten bei Seite gelegt. Letztere werden bei der nächsten Beschickung am besten, wenn der Ofen bis oben in Glut steht, an der Gicht aufgegeben.

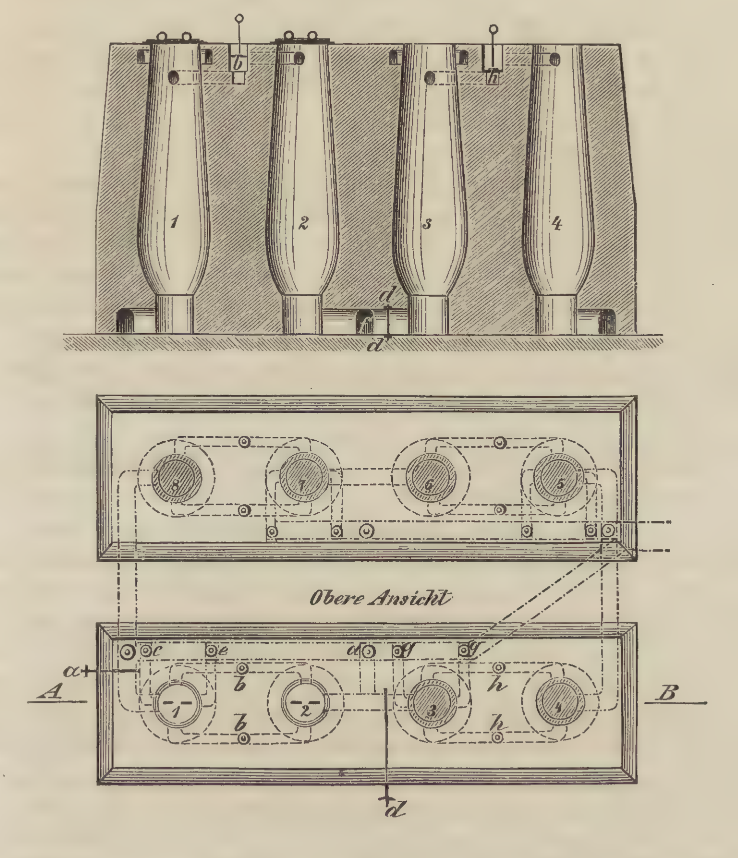
Alle Versuche den Schachtofen kontinuirlich zum Brennen von Portland-Cement zu verwenden, waren bisher missglückt, und erst der neusten Zeit ist es gelungen zur Vermeidung des grösseren Wärmeverlustes den Schachtofen kontinuirlich arbeiten zu lassen; das Princip des neuen dem Dr. A. Tomai patentirten Ofensystems besteht darin, den Brennprozess in Schächten oder Kammern so zu leiten, dass der eine Schacht von oben nach unten, der nächste von unten nach oben u. s. w. brennt; hierzu sind die Schachte, wie dies in nebenstehender Fig. 337 sichtbar ist, mit einander durch Rauchkanäle in Verbindung gebracht und findet eine ähnliche Verbindung auch mit dem Schornsteine statt. Alle Verbindungen können durch Schieber oder Rauchglocken aufgehoben werden. Das Einsetzen der Schächte findet von oben statt, worauf dann die Einsatz-Oeffnung durch einen Deckel geschlossen wird; das Entleeren geschieht von unten.

Beim Brennen werden die Thüren vermauert und verschmiert, während die Deckel und Thüren verstellbare Register zum Einlassen der Luft haben.

Ist dann der Schacht 1 in der gewöhnlichen Weise abwechselnd mit Koks und Steinen gefüllt, der Schieber a und die Rauchglocken b b, welche die Verbindung mit Schacht 2 herstellen geschlossen, ebenso die Gichtöffnung, so beginnt der Brand, wobei die Ausziehöffnung und die Rauch-

glocken c c, welche die Rauchgase in den Schornstein führen, geöffnet bleiben. Ist der Brand bis in die Mitte des Ofens vorgedrungen und der zweite Schacht beschickt, so werden die Rauchglocken c c geschlossen und die Glocken b b und e geöffnet, so dass jetzt bei geschlossenem Schieber a die Rauchgase aus Schacht 1 durch Schacht 2 in den Schornstein entweichen; man entzündet dann oben den Schacht 2 indem man Luft durch

Fig. 337.



den Deckel eintreten lässt. Die aus Schacht 1 kommenden Gase werden hierdurch entzündet und dienen dem Schachte 2 zum Vorwärmen. Ist der Brand bis in die oberen Schichten des Schachtes 1 vorgedrungen, so ist die Hitze derart, dass sich die Koks in Schacht 2 entzünden. Nachdem dann das Feuer bis in die Mitte von Schacht 2 angelangt ist, wird der Schieber d geöffnet und somit die Verbindung mit Schacht 3 hergestellt, der selbstverständlich vorher besetzt und geschlossen werden muss. Die

Glocken b b, h h und e werden dann geschlossen, die Glocken g g geöffnet; ferner öffnet man den Deckel von Schacht 2, damit die Luft leicht eintreten kann. Zur Entzündung der Gase wird durch die untere Thüre vom Schacht 3 etwas Holz und Luft zugeführt.

In gleicher Weise schreitet man mit dem Betriebe von Schacht 3 nach 4, von 4 nach 5 etc. fort, bis zum Schachte 1 zurück, wodurch der Betrieb ein kontinuirlicher wird.

Da der Betrieb in Schächten durch das Heben der Massen viel Arbeit verursacht, hat A. Tomai dasselbe System auch auf Kammern übertragen, in welchen das Brennen sowohl durch schichtenweis aufgegebenes Brennmaterial, als auch durch Heizschächte statt haben kann; in letzterem Falle ist dann die Befeuerung die gleiche, wie wir sie im Hoffmann'schen Ringofen kennen gelernt haben[1]).

An diesen neuen Cementöfen wird weiteres hervorgehoben, dass bei der neueren Einrichtung im Vergleich zum Schachtofen, $1/_3$ des Brennmaterials erspart werde, ohne die Vortheile des Schachtofens für das Brennen von Cement zu vermindern. Auch sei das Fassungsvermögen der Oefen dadurch ein grösseres, dass der Raum, welcher von dem weniger gebrauchten Koks eingenommen werde, für das zu brennende Material frei werde. Ausserdem könne auch der Zug viel leichter und vollkommener regulirt und in folge dessen eine grössere Sicherheit des Brandes herbeigeführt werden. Endlich lassen sich in die Schachte halbtrockne Steine einsetzen und ist kein Hinderniss vorhanden, diese kontinuirlichen Oefen auch mit Gasfeuer einzurichten[2]).

Dagegen hat sich der Ringofen mehr und mehr wegen seiner grossen Brennmaterialersparniss beim Cementbrennen Eingang verschafft, und ist es nach vielfachen Bemühungen gelungen in denselben sehr befriedigende Resultate zu erzielen. Ein wohl kaum zu beseitigender Uebelstand macht sich leider beim Auskarren der oft theilweise noch glühenden, oft besonders an den Gurtbögen in grosse Klumpen zusammengesinterten Schlacke geltend.

Aus dem Ofen genommen ist es zweckmässig die gebrannten Cementstücken längere Zeit vor dem Vermahlen in einem luftigen Schuppen liegen zu lassen, weil durch theilweises Zerfallen der Masse das Mahlen erleichtert wird, wobei die Qualität der Waare aber gewinnt.

Das Mahlen der versinterten Massen zu feinstem Pulver erfolgt entweder in Kollergängen oder zwischen flachen Mühlsteinen, nachdem vorher die versinterten Steine auf Pochwerken, oder, wie es jetzt allgemein geschieht auf Steinbrechern, Mörser-, Schleuder- und Kugelmühlen zerkleinert werden; auf ein ausserordentliches feines Zermahlen ist das grösste Gewicht zu legen. Als Steinbrecher wird vielfach die Blake'sche Maschine ver-

---

[1]) Patentschrift vom 28. Januar 1879 No. 3502.

[2]) Thonindustrie-Zeitung 1879, S. 80.

wendet[1]), dann die von Selbach & Brink in Mannheim, mit welcher noch ein Walzwerk und zwar für Grob- und Feinkorn in Verbindung steht. Eine sehr grosse Leistungsfähigkeit aber gestattet ein Doppelwalzwerk von Brink & Hübner in Mannheim. Weiter sind die Fabrikanten Nagel & Kämp in Hamburg bemüht für die Cementfabrikation, Walzwerke neuester Konstruktion und unübertroffener Leistungsfähigkeit herzustellen.

In einigen Cementmühlen arbeiten auch die Mörsermühlen aus der Märkischen Maschinenbau-Anstalt in Wetter a. d. Ruhr, welche Stücke von 15 cm. Durchmesser in sich aufnimmt und zu beliebiger Korngrösse verarbeitet; sie macht sowohl den Steinbrecher als auch das Walzwerk entbehrlich und liefert unmittelbar das Material für die Mahlgänge.

Andere Vorbereitungsmaschinen beruhen auf der Nutzbarmachung der Centrifugalkraft. Dahin gehören der Carre'sche Disintegrator, die Schleudermühle von Vapart und die Kugelmühle von Sachsenberger, welch' letztere den grossen Vortheil besitzt, den sonst so belästigenden Staub zu vermeiden[2]).

Aus den Mahlgängen fällt das feine Cementpulver direkt in die Packfässer, die durch eine mechanische Vorrichtung stets geschüttelt werden, so dass eine feste Verpackung hergestellt wird. Die Verpackung erfolgt in der Regel in Fässern die innen durchweg mit Packpapier ausgeschlagen sind; hierdurch wird verhindert, dass der stark hygroskopische Cement die Feuchtigkeit aus dem Holze heraussaugt, und in folge der Zusammentrocknung des Holzes „streue“, oder auch in dem Fasse erhärte.

Jeder frisch gebrannte Portlandcement, auch der von disponiblen Kalk möglichst freie, zieht beim Lagern Kohlensäure an, wobei sein ursprüngliches specifisches Gewicht von 3,20 auf 3,00 zurückgeht. Durch solche Absorption verbessert sich fast ausnahmslos der Cement, er löscht sich — so zu sagen — ab.

Cemente, welche sich beim Anmachen mit Wasser stark erhitzen, lassen sich dadurch „abstumpfen“, dass man sie möglichst flach lagert und sie auch wiederholt umsticht; schneller lässt sich aber bei solchen Cementen das „Abstumpfen“ durch einen Zusatz von Kohlensäure abgebenden Salzen (Natrium- und Ammonium-Bicarbonat oder Sesquicarbonat etc.) vornehmen. Auch durch Wasser lassen sich solche rasch angehenden Cemente abstumpfen, da bekanntlich freies Calciumoxyd hierdurch chemisch gebunden wird[3]).

Die in den Handel kommenden Portlandcemente sind entweder langsam oder schnell bindend. Unter langsam bindend wird in der Regel verstanden, dass der reine Cement in 1 bis 24 Stunden „abgebunden“ hat,

---

[1]) Dieselbe ist im I. Bande S. 202 beschrieben und dargestellt.

[2]) Vergleiche Band I. S. 226, 246, 261.

[3]) Ueber die Veränderung des Cements durch Lagern hat Dr. L. Erdmenger interessante Aufschlüsse gegeben. Dinglers Polyt. Journal 1875 Band 215 u. 216.

während bei schnell bindenden Cementen dies Abbinden in 5—10 Minuten nach dem „Anmachen“ erfolgt.

Schnell bindende Cemente geben porösere Cementgussstücke als langsam bindende, welche, sich selbst überlassen, förmlich Wasser ausstossen, während erstere es in bedeutender Menge in sich fest machen, d. h. in die Poren einhüllen.

Findet das sich ausscheidende Kalkhydrat überall weite Porenräume, so ist die Hauptursache des Treibens — gewaltsame Einpressung — nicht vorhanden. Die Hohlräume reichen aus, die Krystalle aufzunehmen, die diese Räume bildenden Massentheile werden eher mit einander verbunden, als auseinandergesprengt und die Festigkeit kann in folge selbst noch zunehmen, wenn auch nicht mehr in hohem Grade.

Langsam bindende, schwere Cemente brauchen an sich weniger Wasser, um einen Brei von normaler Konsistenz zu geben und ist bei ihnen die absolute Raumerfüllung bedeutend grösser, das specifische Gewicht höher und mehr Kalk für die treibende Wirkung disponibel.

Dichte Zusammenlagerung und damit verbundene kräftige Verkittung der Theilchen ergiebt nur ein langsam verlaufender Erhärtungsprozess; hierzu gesellt sich langsame Bildung und Ausscheidung von Kalkhydrat, welches Zeit findet, sich in den Hohlräumen zu akkomodiren, keineswegs aber die Kraft erlangt, die stark erhärtete Masse auseinanderzutreiben. Zur Illustration des eben gesagten zeigt die Bruchfläche eines guten Cementes nach wenigen Tagen einen rauhen zackigen körnigen Bruch, während bei einem älter gewordenen Stück sich ein vollkommen glatter muscheliger Bruch in folge der eingetretenen allseitigen Kalkhydrat - Verwachsung zeigt.

Schnell bindende Portlandcemente werden durch „Lagern“ verbessert; eine solche Verbesserung läuft stets parallel mit der Absorption von Kohlensäureanhydrid und mit einem Zurückgehen des specifischen Gewichtes.

Beim Lagern wird das Cementpulver homogener und dementsprechend gleichwirkender; auch feint es sich mehr und mehr von selbst und wird in folge dessen durch Wasser mechanisch leichter zerlegbar, chemisch leichter aufschliessbar und resultirt hieraus eine höhere Festigkeit.

Eine ähnliche Verbesserung der Portlandcemente lässt sich auch durch einen Gypszusatz bewirken, welcher in der grösseren Anzahl der Fälle, wo er sich wirksam beweist, den Cement zu einem langsam bindenden macht; zu langsam bindenden Cementen Gyps zuzusetzen, ist jedoch unter Umständen gefährlich.

Dem entsprechend setzt man rasch bindenden Cementen beim Ablagern nicht gern über 2 pCt. Gyps zu, während bei langsam bindenden oft schon bei 1 pCt. Zusatz eine Schwächung eintreten kann.

Bei einem an und für sich schon ganz langsam bindenden Portlandcemente kann übrigens auch der Fall eintreten, dass er frisch verwendet

die vorzüglichste Festigkeit ergiebt, durch Lagern aber eine erhebliche Einbusse an Festigkeit erfährt[1]).

Während des Ablagerns zeigen sich einige interessante Erscheinungen; das unter Verhinderung der Wasser- und Kohlensäure-Aufnahme mit möglichst abgekühltem Cementpulver gut gefüllte Fass zeigt zu Anfang die Eigenschaft des Tönens beim Anschlagen nicht; nach 14 Tagen oft auch erst nach einem Monat, gewahrt man beim Anschlagen einen deutlichen klangvollen Ton. Die Masse hat sich dann im Innern zusammengezogen und gestattet den Dauben des Fasses ihre Schwingungen auszuführen. Würde man ohne Hammerschlag die Reifen des Fasses entfernen können, so bliebe eine scheinbar kompakte Masse stehen. Das Tönen gewahrt man nicht bis zu Ende des Ablagerns. Einige Zeit darauf, in etwa einem auch zwei Monaten tritt ein „Treiben" des Cementpulvers ein, wodurch die Fassreife gesprengt werden, wenn nicht vorher durch loses Anlegen der Reife oder durch unvollkommene Füllung diesem vorgebeugt wurde. Mit diesem Treiben hat der Cement seine grösste Güte erreicht und beginnt bei fortgesetztem, wenn auch vollständig vor Feuchtigkeit und Kohlensäurezutritt geschütztem Ablagern mehr und mehr abzunehmen, namentlich wird er träger im Abbinden und erhärtet langsamer. Beide Vorgänge beim Ablagern, das Schwinden und das Wachsen des Volumens scheinen beim Portlandcement die Bindezeit nicht wesentlich zu alteriren.

Der gepulverte Portlandcement soll in frisch gewonnenem Zustande eine hellgrün-graue, in verarbeitetem Zustande eine dunkelgrün-graue Farbe besitzen, er gelatinirt mit Salzsäure stark und besteht (unter dem Mikroskop betrachtet) aus feinen Blättchen.

Guter Portlandcement darf in seinem spezifischen Gewicht unter 3,00 nicht herabsinken, anderenfalls lässt sich daraus ein sicherer Schluss für eine schlechte Waare ziehen[2]); Cemente mit geringerem Gewicht bestehen auch mehr aus körnigem Pulver und geben schnell erhärtend wenig feste und dichte Produkte.

Bei schwachgebrannten Cementen verräth sich der Alkaligehalt durch den Geschmack, was bei stärkerem Brennen nicht der Fall ist; daher erklärt sich, dass Bauleute beim Kaufen von Portlandcementen dieselben einer Zungen- resp. Gaumenprobe unterwerfen.

Guter Portlandcement soll keine Beimengungen von Asche, Thon, Sand oder Schlacke besitzen und soll aus einem gleichmässig feinen, un-

---

[1]) Ueber die Verbesserung von Portlandcement durch Lagern und Gypszusatz hat Dr. L. Erdmenger in der Thonindustrie-Zeitung eine schätzenswerthe Abhandlung 1878. No. 37, 38 u. 40 gebracht, auf welche hier verwiesen wird.

[2]) Die Ermittelung des spec. Gewichtes einer sehr grossen Anzahl von Portlandcementen ergab trotz der sehr verschiedenen Verwendung der Rohmaterialien nur ein Schwanken von 2,99 bis 3,08 und möchten diese Schwankungen dem grösseren oder geringeren Gehalte von Eisen und Magnesia zuzuschreiben sein. Thonindustrie-Zeitung 1877 S. 241.

fühlbaren Pulver bestehen, das, mit Wasser gemengt, langsam bindet und langsam aber nachhaltig erhärtet; hierbei darf sich eine starke Erwärmung, die das Vorhandensein von freiem Kalk anzeigt, nicht geltend machen; auch soll eine Volumensvermehrung oder Verminderung nicht eintreten. Aller guter Portlandcement gestattet grossen Sandzusatz und haftet ebenso fest an rauhen wie glatten (selbst geschliffenen) Steinflächen; ohne Sandzusatz erhärten gute Portlandcemente mit der erforderlichen Menge Wassers angemacht, schnell bindend wohl in 5 — 10 Minuten, langsam bindend in 1 — 24 Stunden; wobei jedoch ein Abbinden über 5 Stunden hinaus für manche Verwendung äusserst unbequem werden kann.

Um übrigens einen schnell bindenden Cement in einen langsam bindenden umzuwandeln, setzt man demselben wohl doppeltkohlensaure oder auch schwefelsaure Salze bei, welche die Fähigkeit besitzen, Aetzkalk zu binden. Aus diesem Grunde wird hartes Wasser das Binden der Cemente verlangsamen und wird dem entsprechend ein festeres Produkt liefern, als dies bei weichem Wasser der Fall sein kann.

Das beim Ablagern der Portlandcemente beobachtete „Treiben“ sollte besser mit „Wachsen“ bezeichnet werden, um mit dem obigen Ausdruck jene äusserst bedenkliche Erscheinung zu charakterisiren, die sich oft nach Jahren erst bemerklich macht und darin besteht, dass die Cementmasse durch Volumensvergrösserung theilweise, häufig aber auch in allen seinen Theilen ihren Zusammenhang verliert und vollständig auseinander fällt.

Diese heimtückische Erscheinung, die ganz besonders dazu beigetragen hat, die Portlandcemente für gewisse Zwecke in Misskredit zu bringen, tritt besonders bei frisch erbrannten Cementen bei zu hohem Kalkgehalte auf und namentlich dann, wenn das Kalkkorn der Rohmischung zu grob, der Brand zu schwach und die Mahlung nicht fein genug war.

So nehmen schlechte, schnell bindende Portlandcemente, die einen erheblichen Antheil von kaustischem Kalk enthalten, sofort eine mittlere Festigkeit an, die sich jedoch später fortschreitend mindert, so dass oft erst nach Jahren ein vollständiges Zerfallen des verarbeiteten Portlandcementes durch Treiben eintritt.

Auch wird ein zu grosser Gehalt an Magnesia und an Gyps als Ursache des Treibens angesehen; in gleichem Sinne sind Fluorverbindungen, die sich jedoch durch ihre rothe Farbe verrathen, äusserst gefährlich.

Um dem Treiben entgegenzuwirken, hat man wohl beim Mahlen der Portlandcemente geringe Mengen von schwefelsaurem Kalk beigegeben und erzielte dadurch ein langsameres Abbinden; ob Zusätze zum Rohmaterial wie Soda, Bor- und Fluorverbindungen die beabsichtigte Wirkung wirklich zu erzielen im Stande sind, möchte nach den bisher gemachten Erfahrungen mit aller Sicherheit noch nicht entschieden sein.

Das Treiben ist — nach Dr. Michaelis — der in Erscheinung tretende Ausdruck von Molekularspannungen, die theils physikalischer, theils che-

mischer Natur sind; am häufigsten machen sich solche bei gewissen im Thongehalte etwas zu hoch erbrannten Cemente geltend, indem die Massen beim Abkühlen total zerfallen; ebenso tritt Treiben ein, wenn der Prozess der Erhärtung in der Weise verläuft, dass der durch Hydratbildung gewonnene Zusammenhang, der mehr und mehr fortschreitenden Bildung und Ablagerung von Kalkhydratkrystallen einen genügenden Widerstand zu leisten nicht im Stande ist.

Je nach der Energie des hierdurch bedingten chemischen Prozesses wird das Treiben — wo es auftritt — stets am geringsten da sich geltend machen, wo der chemische Prozess der Umsetzung am wirksamsten von statten geht; deshalb macht sich das Treiben bei unter Wasser versenkten Proben eher geltend, als bei Luftproben, bei Wärme eher als bei gewöhnlicher Temperatur [1]).

Das Treiben jedoch erproben zu wollen, indem man frisch abgebundene Cemente auf 100 — 110° erwärmt, ist durchaus unzulässig, da durch solches Experiment selbst die vorzüglichsten Cemente zu Grunde gehen würden.

Um einen Anhaltspunkt für die Beurtheilung des Treibens der Portland-Cemente zu gewinnen, macht man wohl Proben mit Wasser an und bringt diese in dünnschalige Gläser; während des Abbindens darf eine fühlbare Erwärmung nicht eintreten; erhitzt die Probe sich stark und zersprengt das Glas nach einigen Stunden, so hat man damit die treibende Tendenz des Cementes erwiesen.

Der Portlandcement ist dann unbrauchbar; er wird zwar hart werden, aber schon nach einigen Monaten seinen Zusammenhang verlieren. Sprengt der Cement das Glas innerhalb weniger Tage, so ist seine Verwendung gleichfalls nicht anzurathen; solche Cemente erlangen zwar zunehmend nach mehreren Wochen eine grosse Festigkeit und Widerstandsfähigkeit, aber nach diesem Zeitpunkte geht ihre Festigkeit wieder zurück und nach Verlauf von Monaten, selbst Jahren, verliert sich der Zusammenhang vollständig, und die Stücke zerbröckeln.

Werden die Gläser von den Cementproben erst nach 14 Tagen bis zu 4 Wochen zersprengt, so ist der Portlandcement für solche baulichen Zwecke brauchbar, für welche er mit Sandzusatz gemengt wird, während eine ganz geringe Volumensvermehrung, die sich durch Sprengung des Glases nach 4 Wochen und mehr kundgiebt, als unschädlich betrachtet werden kann.

Zu solchen Glasproben dürfen nach Dr. C. Heinzel nur gut gekühlte Reagenzgläser verwendet werden, die allein als ein wahrhafter Indikator für das Treiben der Cemente zu betrachten ist, während Versuche mit Einschmelzröhren, Medezin- und Zuckergläsern etc. ganz zu verwerfen sind, da sie zu den grössten Irrthümern führen können.

---

[1]) Zur Beurtheilung des Cementes von Dr. W. Michaelis. 1875.

Dr. Heinzel hat eine grosse Anzahl solcher Proben mit Reagenzgläsern gemacht und fand, dass bei guten, nicht treibenden Cementen die Gläser, an der Luft belassen, in den ersten vier Wochen nicht gesprengt wurden; trat ein solcher Fall nach 14 Tagen ein, so hatte man es mit einem kalküberreichen, treibenden Cement von zweifelhaftem Werthe zu thun[1]).

Soll Portlandcement mit gutem Erfolge angewendet werden, so ist vor Allem der Mörtelbereitung grosse Sorgfalt zuzuwenden; so ist kein trübes schlammiges Wasser zu nehmen, aber auch nicht zu wenig Wasser, da dies nachtheiliger ist als zu viel; hierin, es ist nicht zu verkennen, liegt eine grosse Schwierigkeit der Behandlung des Cements, aber es ist ernstlich zu bedenken, dass das für die Bildung des Cementmörtels erforderliche Wasser nicht Vehikel, sondern ein unentbehrliches chemisches Erforderniss ist, und dass das Bereiten von Cement-Mörtel thatsächlich als ein chemisches Experiment betrachtet werden muss, so dass Jeder, der es unternimmt und von demselben gewisse Resultate erwartet, auch die Bedingungen dafür zu erfüllen hat, im anderen Falle aber dasselbe gar nicht unternehmen sollte. Die grossen Unterschiede in der Zusammensetzung der Cemente machen eine für alle Cemente passende Angabe der erforderlichen Wassermenge unmöglich.

Man wählt in dieser Beziehung als Minimum 20 pCt. vom Gewichte des Cementes an Wasser, als Maximum 40 pCt. Im allgemeinen wählt man als Wasserzusatz die Hälfte von dem Gewichte des anzumachenden Cementes.

Soll Portlandcement in Formen erhärten, so verwendet man am vortheilhaftesten nur so wenig Wasser, dass die Masse wie feuchter Sand erscheint, die dann in Formen eingestampft wird; das Resultat dieses Verfahrens giebt ein äusserst dichtes Produkt und schliesst die beim Giessen sich bildenden Luftblasen völlig aus; das Minimal-Wasserquantum für die Portland-Cement-Erhärtung hat Dr. Erdmenger auf 16 pCt. ermittelt, was nahe zu einem Gemenge von 1 Masstheil Portlandcement mit 0,29 bis 0,30 Masstheilen Wasser entspricht. Zum Festwerden des Cementes ist es aber auch nothwendig, dass das Mörtelwasser möglichst langsam aus dem Mörtel entweicht. Entweicht es aber aus irgend einer Ursache schnell, so wird dem Portlandcemente nicht nur das überschüssige Wasser entzogen, sondern häufig auch ein Theil der zur chemischen Reaktion nothwendigen Wassermenge, noch ehe diese ihre Aufgabe erfüllt hat.

Der Haupteinfluss des Erhärtungsprozesses beim Portlandcement beruht auf dessen Wasseraufnahme, und hat, wie dies in neuester Zeit behauptet wird, selbst eine Störung des „Bindungsprozesses“ nur einen sehr unwesentlichen Einfluss auf seine Erhärtung; in England verwendet

[1]) Thonindustrie-Zeitung 1877. S. 344.

man deshalb bei wichtigen Cementarbeiten ein recht langsam bindendes Material und lässt den daraus bereiteten Mörtel so lange unbenutzt, bis die Bindezeit herannaht oder bereits beginnt; arbeitet dann den Mörtel kräftig durch einander, um ihn hierauf schnell zu verarbeiten; für Verstopfen von Quellen, Betoniren, Dichten von Spundwänden soll dies Verfahren ausserordentlich empfehlenswerth sein[1]).

Alle Portlandcemente erhärten im Wasser langsamer als an der Luft; Probestücke sollen, ehe sie unter Wasser gebracht werden, zuerst an der Luft abbinden, dann dürfen sie an der Oberfläche keine Spaltöffnungen oder Risse bekommen und müssen zunehmend, aber vollständig unter Wasser erhärten.

Der beizumischende Sand sei scharfkörnig und rein; thonhaltiger Sand, besonders solcher, der Gartenerde in sich aufgenommen hat, kann das Gelingen von Cementarbeiten gradezu in Frage stellen. Angestellte Versuche mit verschiedenen Sandsorten haben Resultate ergeben, die es nicht gestatten, eine zur Disposition stehende Sandsorte in ihrem Verhalten zum Cement vorher zu beurtheilen, so haben sich in der Natur vorkommende lehmhaltige Sande für Cementarbeiten untauglich gezeigt, während einem reinen Quarzsande eine ziemlich grosse Quantität Lehm eingeschlämmt werden konnte, ohne dass dadurch der Cementmörtel wesentlich verschlechtert wurde.

Für die Praxis ist es durchaus räthlich, Proben mit dem für herzustellende Bauten zu Gebote stehenden Sande vorher anzustellen, auch ist der Sand jedenfalls zu waschen, wenn Lehmtheile die Quarzkörner fest umhüllen sollten; ein geringer Lehmgehalt aber, dem Sande lose beigemischt, erscheint weniger schädlich[2]).

Die Zubereitung von Cementmörtel ist in keinen zu grossen Quantitäten auf einmal vorzunehmen, und es erscheint durchaus unstatthaft, einen bereits erstarrten Cementmörtel durch neuen Wasserzusatz wieder aufarbeiten zu wollen.

Wenn der Sand vollkommen trocken ist, so kann man ihn mit dem Cementpulver untereinander mengen und dann erst das Wasser zufügen; sonst geht man sicherer, zuerst Cement und Wasser nach den für die gewünschte Mörtelkonsistenz abprobirten Massen abzurühren und dann erst das ebenfalls abgemessene Sandquantum zuzufügen und unterzuarbeiten; ein fleissiges Durcharbeiten und Schlagen ist bei jeder Cementmörtelzubereitung sehr empfehlenswerth; die Masse wird dadurch geschmeidiger, mehr bindend und viel erhärtungsfähiger.

Die Portlandcemente vertragen alle sehr starke Sandzusätze; um das normale Mass der Sand- oder Schotterbeimengung zu bestimmen, befolgt

---

[1]) Der Portlandcement und seine Fabrikation von H. Klose. Wiesbaden 1873.

[2]) Protokoll der General-Versammlung des Ver. deutsch. Cementfabrikanten von 1880.

man am besten dasjenige Verfahren, welches von dem Grundsatze ausgeht, dass Cementen nicht mehr Sand oder Schotter beigemengt werden soll, als zur Ausfüllung dessen Zwischenräumen und zur vollständigen Umhüllung von dessen Körnern gerade nothwendig ist, weil bei grösseren Zusätzen Zwischenräume von diesen offenbar ohne Cement ausgefüllt blieben, somit an solchen nur lose gebundenen Stellen die Festigkeit des Mörtels keineswegs so gross werden kann, als wenn sie ebenfalls mit Cement ausgefüllt sind. Bei feinem, rein gewaschenem Sande hatten der Untersuchung zu folge die Zwischenräume zwischen den Sandkörnern 40 pCt. des ganzen Raumes betragen, und es ergab sich also hiernach, dass zur Ausfüllung dieser Zwischenräume und Umhüllung jedes Sandkorns das Quantitäten-Verhältniss zwischen Cement und Sand von 1 : 2 ⅓ Platz greifen müsse.

Ueber die Ausgiebigkeit von Portlandcementmörtel hat Dr. Michaelis folgende Angaben ermittelt:

Cement	Sand	Wasser		Mörtel	Dichte.
100 C. Cement	100 C. Sand	53 C. Wasser	geben	166,7 C. Mörtel.	201,55
100 -	200 -	76 -	-	266,2 -	193,05
100 -	300 -	107 -	-	371,4 -	189,55
100 -	400 -	132 -	-	470,5 -	187,45
100 -	500 -	163 -	-	569,9 -	187,40
100 -	600 -	194 -	-	669,2 -	187,40
100 -	700 -	221 -	-	771,3 -	186,05
100 -	800 -	252,5 -	-	870,7 -	186,05
100 -	900 -	276,5 -	-	968,0 -	186,05
100 -	1000 -	300 -	-	1063,0 -	186,05

Erhärtet normaler Portlandcementmörtel an der Luft so wird seine Festigkeit im Anfange eine höhere sein, als beim Erhärten im Wasser; in diesem Sinne kann von einer Luftfestigkeit und von einer Wasserfestigkeit die Rede sein; erstere vollzieht sich energisch in kurzer Frist durch das Anmachewasser, letztere nur allmälig und in beschränkterem Grade.

Bleibt der Mörtel dauernd an der Luft, so wird er im besten Falle mit einem Mörtel unter Wasser gesetzt nur dann gleichen Schritt im weiteren Erhärten halten, wenn ersterer aus sehr langsam bindendem kräftigem Cement hergestellt ist, und der Mörtel möglichst lange in feuchter Atmosphäre verbleibt d. h. vor dem Austrocken geschützt ist. Dementsprechend muss Cementmauerwerk, das nur an der Luft erhärtet, möglichst andauernd feucht gehalten, namentlich aber längere Zeit vor Zug, Sonne, überhaupt vor Wärme etc. geschützt werden.

Die Wasserfestigkeit die (nach den Normen) angenommen werden kann, wenn normaler Cementmörtel (1 Th. Cement 3 Sand) einen Tag an der Luft, 27 Tage im Wasser sich befunden hat, erleidet stets, wie auch die normale Luftfestigkeit, eine weitere Nachhärtungsfestigkeit; eine solche oft sehr bedeutende und schnell eintretende Nachhärtung erfolgt

bei allen Cementmörteln, welche nach einer gewissen Erhärtungsfrist aus dem Wasser genommen und an die Luft gelegt werden. Eine solche Nachhärtung an der Luft bleibt oft 1 bis 2 Monate auf gleicher Höhe, geht dann aber allmälig bis auf die normale Wasserfestigkeit wieder zurück, wenn Schutz gegen austrocknenden Zug oder vor Wärme vorhanden war.

Dementsprechend lässt sich die Erhärtungsintensität auf's höchste steigern, wenn Cementmörtel 3 bis 4 Wochen im Wasser erhärten konnte, bevor er der Erhärtung von ruhiger Luft ausgesetzt wird; man erzielt hierdurch eine Festigkeit schon nach 4—5 Wochen, die im Wasser allein oft erst nach Jahresfrist und noch darüber eintreten würde.

Werden aber die nachgehärteten Cementmörtel wieder unter Wasser gebracht, so sinkt die oft so hohe Nachhärtungsfestigkeit wieder auf die normale Wasserfestigkeit herab.

Während frisch bereitete Cementmörtel unter intensiv wasserentziehenden Einflüssen nicht normal erhärten können, kann jedoch ein bereits längere Zeit normal erhärteter Cementmörtel eine trockene Wärme von 80—180° vertragen, ohne unter die Wasserfestigkeit zurückzugehen.

Hieraus folgt, dass alles Cementmauerwerk, welches intensiven Wärmeeinwirkungen ausgesetzt wird, längere Zeit vor dem Gebrauche in gewöhnlicher Temperatur verbleiben muss, wenn man sich Haltbarkeit davon versprechen will.

Es gilt dies beispielsweise für die Theile von Maschinenfundamenten, die wie bei liegenden Dampfmaschinen direkt unter dem Rahmen, bez. der Fundamentplatte, unter den Dampfcylindern etc. zu liegen kommen; ebenso gilt die Beobachtung des Gesagten für mit Cement gemauerte Kanäle, welche zur Ableitung von heissen Flüssigkeiten oder zur Fortleitung heisser Luft verwendet werden.

Auf die Nachhärtung wirkt ein Wärmeeinfluss genau so, wie ein Wiedereinlegen nachgehärteter Mörtel in Wasser.

Cementmörtel jedoch, welche nach längerer Erhärtungsdauer der Wärme ausgesetzt waren, nehmen, wenn sie in gewöhnliche Temperatur zurückgebracht werden, wieder an Wassergehalt zu, wenn auch nicht zu der Höhe, bis zu welcher es ohne den Wärmeeinfluss geschehen wäre. Die Festigkeit aber steigt nicht weiter oder erfährt doch nur allmälig eine geringe Steigerung.

Wird normal erhärteter Cementmörtel aber etwa bis zur schwachen Rothglut erhitzt, so geht derselbe in seiner Festigkeit mehr und mehr zurück und wird mehr oder weniger aufgelockert; sind jedoch Risse dabei nicht entstanden, so wird der Mörtel durch Zuführung anhaltender Feuchtigkeit wieder mehr oder weniger intensiv erhärten[1]).

Nach der Ansicht von Professor Manger sind folgende Mischungsverhältnisse empfehlenswerth:

---

[1]) Näheres siehe: Ueber die Erhärtungsintensivität des Portlandcementsandmörtels von Dr. L. Erdmenger in der Thonindustrie-Zeitung 1878. S. 278.

Portlandcement mit 4 Th. Sand gemischt zum Bankett- und Fundamentmauerwerk, mögen sie trocken oder im Wasser liegen, zu Plintenmauern einstöckiger Gebäude, zu 1 Stein starken Scheidemauern in Gebäuden von einer beliebigen Anzahl von Geschossen, zur Hintermauerung starker Futtermauern;

mit 3 Th. Sand gemischt zu Banketten und Fundamenten von mehrstöckigen Gebäuden, zu Kellerwänden, zu Widerlagspfeilern und Tonnengewölben mit dem 4. bis 5. Theil der Spannweite, zu Mittelpfeilern von Bögen, wenn ihre Stärke nicht unter dem 8. bis 10. Theil der Spannweite der Bögen und ihre Höhe nicht über die zehnfache Stärke beträgt; zum Putzen von inneren Wänden, wenn dieselben Räume umschliessen, die nicht lange nach ihrer Vollendung bewohnt werden sollen; zur Anfertigung von Estrichen;

mit 2 Th. Sand gemischt zur Vermauerung von Steinschichten, die vom Wasser bespült werden, zum Aufmauern von Widerlagern und Gewölbemittelpfeilern, wenn sie nicht die für Luftmörtel nothwendige Stärke haben, zum Wölben von Erd- und überhaupt stark belasteten Bögen, zum Mauern flacher Gewölbe, zum Ziehen und Putzen von Gesimsen, zum äusseren Abputz von Wetterwänden und mit Feuchtigkeit durchzogenen Plinten;

mit 2 bis $1\frac{1}{2}$ Th. Sand gemischt zu Betonschichten in sehr quelligen, pressbaren Fundamentböden, zum Vermauern von äusseren Steinschichten, welche einem starken Stoss (Eisgang) ausgesetzt sind, zur Ausführung schwacher Scheidewände, schwacher Gewölbemittelpfeiler, zum Wölben flacher Kappen mit Ziegeln auf flacher Seite, zum äusseren Putz sehr nassliegender Plinten, zum Abdecken von Gesimsen und Wasserschlägen, zu Gefässen für allerhand Flüssigkeit, zum Vermauern der inneren Schichten in Kloaken, zur Anfertigung allerhand künstlicher Steine, Dachziegeln, Treppenstufen, Thür- und Fenstereinfassungen, Grabsteinen, Rinnsteinen etc.;

mit reinem Cement zur Anfertigung aller Steinkörper, welche die Festigkeit eines natürlichen Steines oder die eines guten Ziegels bedürfen, zum Giessen von Ornamenten, welche der Witterung stark ausgesetzt sind.

Die mit Cementmörtel zu verarbeitenden Steine müssen sorgfältig vom Staub befreit und mit Wasser stark genässt werden; dann muss der Cementmörtel möglichst in einer Lage aufzutragen; bedingen die Verhältnisse indessen ein Auftragen in doppelten Lagen, so muss dies so rasch hintereinander geschehen, dass die erste Schicht noch nass ist, wenn die zweite darauf getragen wird; der aufgetragene Cementmörtel muss gehörig durchgearbeitet und bei wasserdichten Arbeiten fest abgerieben werden, jedoch nicht so, dass Blasen entstehen; zieht der Mörtel zu rasch an, so ist dies ein Beweis, dass der Cement zu frisch, oder wohl besser gesagt, nicht frei von kaustischem Kalk ist, was einfach dadurch beseitigt werden

kann, dass man ihn während 24 Stnnden auf einen vollkommen trockenen Boden in dünnen Lagen ausbreitet; in folge dessen nimmt der vorhandene kaustische Kalk aus der Luft Kohlensäure auf und wird dadurch für den Cement zu einem indifferenten Körper; hierdurch gewinnt der Cement die Eigenschaft einer sicheren Erhärtung, während er die indessen nur scheinbar schnelle verliert. Auch sind ausgeführte Cementarbeiten, besonders in warmer Jahreszeit, mehrere Wochen hindurch stets nass zu halten, am besten durch Auflegen von nassen Tüchern.

Die Portlandcemente liefern nicht nur einen vorzüglichen Wassermörtel, sondern werden auch zur Kunststeinfabrikation[1]) vielfach verwendet.

In dieser Beziehung sind die Portlandcementfabrikate aus der Fabrik von E. Dyckerhoff in Bieberich rühmlichst zu erwähnen; die dort angefertigten, reich ornamentirten Kapitäle, Friese, Medaillons, Vasen und Statuen ahmen in höchst gelungener Weise die besten rothen, grünen und gelben Sandsteine nach und sind von unzweifelhafter Dauer.

In Bieberich werden zu solchen Fabrikaten nur langsam bindende, richtig gebrannte und gut abgelagerte Portlandcemente von normaler chemischer Zusammensetzung gewählt, und wird auf 1 Th. Cement je nach der Art des zu fertigenden Gegenstandes 3 und selbst 4 Th. Kiessand zugesetzt.

Bei Bereitung des Mörtels, beziehungsweise der Betonmasse, werden Cement und der völlig erdfeine Sand in trockenem Zustande innig gemengt; dann wird unter beständigem Durcheinanderarbeiten der Mischung nur soviel reines Wasser zugesetzt, dass die Masse feucht wie frisch gegrabene Erde erscheint.

Die tüchtig durchgearbeitete Masse wird dann in die betreffenden Formen eingeschlagen oder gestampft und so lange bearbeitet, bis die Masse ganz dicht und beweglich wird und schliesslich noch eine geringe Wassermenge an der Oberfläche zeigt. Bei Anfertigung von Bauverzierungen und solchen Gegenständen, die eine feine und glatte Oberfläche erhalten sollen, wird ein sogenannter Vorguss angewendet, der aus einer Mischung von 1 Th. Cement und 1—2 Th. feinem scharfem Sand besteht. Dieser Vorguss wird als flüssiger Brei in dünner Auftragung in die Formen eingegossen, worauf die trockene Betonmasse eingefüllt und fest eingedrückt oder geschlagen wird.

Die aus ganz langsam bindendem Portlandcement geformten Gegenstände haben in ihren Formen 24 bis 48 Stunden zu verbleiben, ehe sie ohne Schaden zu erleiden, herausgenommen werden können; in einem gegen Sonne und starken Zug geschützten Raum werden sie dann 6 bis 8 Wochen lang belassen und täglich angenetzt; hierbei ist noch zu bemerken, dass auf 8—14 Tage alte gute Portlandcementwaaren der Frost

[1]) siehe diese im I. Bande S. 305.

keinen nachtheiligen Einfluss mehr äussert, dass im Gegentheil im Winter angefertigte Waaren viel rascher hart und durchweg auch fester als die im Sommer gefertigten werden. Dies erklärt sich dadurch, dass den im Winter gefertigten Stücken das zur Erhärtung nöthige Wasser durch die Luft nicht entzogen wird, und in folge dessen der Erhärtungsprozess ungestört vor sich gehen kann.

Schnell bindende Cemente zu Kunststeinen unter Anwendung von schlechtem Sand und unrichtiger Wasserzugabe zu verwenden, dann das Disponiren frisch geformter Stücke ungünstigen Witterungsverhältnissen gegenüber, kann unmöglich befriedigende Resultate zur folge haben und hierin liegt der Hauptgrund, weshalb den Cementwaaren so allgemeines Misstrauen entgegengesetzt wird.

Von der Firma Dyckerhoff wurden auch in neuester Zeit, wie dies schon vorher in Zollikon bei Zürich geschehen war, statt der hölzernen Lagerfässer für Wein Behälter aus Portlandcement hergestellt[1]). Ebenso werden zur Herstellung von Sielanlagen und Wasserleitungen Cementröhren sowohl in Eiform als auch rund ausgeführt; das hierbei zur Anwendung gebrachte Material wird mittelst maschineller Vorrichtung sehr stark komprimirt. Werden die fertigen Röhren zuletzt noch in eine Kieselsäurelösung gelegt, so werden sie ungemein hart und widerstandsfähig.

In neuerer Zeit werden aus Portlandcement auch Drainage-Röhren mit 16—31 cm. Durchmesser angefertigt, in gleicher Weise Ableitungsschläuche für Aborte.

In England hat man sogar dieses Material zur Bekleidung von Schiffen an Stelle des Kupferbeschlages angewendet, und hatte sich ein solcher Cementüberzug auf der Holzbekleidung der „Royal Sovereign“ 11 Monate lang erhalten, ohne dass sich Muscheln oder Korallen an ihn angesetzt hatten.

In Würtemberg machte man gelungene Versuche, Cementwürfel zum Oberbau für Eisenbahnen zu verwenden[2]).

Um den Portlandcementen, als künstlicher Stein oder als Putz verwendet, gleichmässige oder beliebige Farben zu geben, sind solche aus Kalkweiss, mit Zusatz farbiger Erden oder metallischer Farben, zu bereiten; mit diesen wird der erhärtete Cement gewöhnlich marmorartig überstrichen, und wenn dieser Anstrich, der auf dem Cement haftet, trocken geworden ist, überzieht man ihn mittelst eines Pinsels einige male mit einer verdünnten Lösung von Natron-Wasserglas. Es bildet sich hierdurch auf der Oberfläche des Cementes eine sehr feste Kruste von kieselsaurem Kalk, die im Wasser unlöslich ist und einigen metallischen Glanz besitzt. Soll Cementputz mit einem Oelanstrich versehen werden, so darf dieser

[1]) Näheres hierüber Dinglers polyt. Journal 1875 Band 218 S. 84 und Gewerbeblatt für das Grossherzogthum Hessen 1876 S. 283.

[2]) Näheres hierüber im Organe für die Fortschritte des Eisenbahnwesens IV. 1870. 139.

erst nach vollständigem Austrocknen des Cementes, etwa nach 4 Wochen aufgetragen werden; ehe der Anstrich erfolgt, wäscht man den Verputz mit Wasser, in welchem 1 Prozent Eisenvitriol aufgelöst ist, sorgfältig ab; von Anderen wird vorgeschlagen, die anzustreichende Fläche mit einer Lösung von 100 pCt. kohlensaurem Ammoniak in 10 pCt. Wasser abzubürsten. Sehr dauerhafte Färbungen auf Cementmasse erhält man durch gleiche Volumina Farbkörper und feinst gepulverten (zuvor geglühten und abgelöschten) Chalcedon oder Feuerstein, die mit dünner Kalkmilch gemischt werden und auf die frische Oberfläche der Cementarbeit aufgetragen wird. Noch besser haftet der Anstrich, wenn man der flüssigen Farbe etwas Wasserglas beimischt; besonders wird die Anwendung von Chromgrün empfohlen.

Endlich ist noch einer neueren Erfahrung zu gedenken, welche den Portlandcementen einen weiteren Werth verleiht. Die Stettiner Portlandcementfabrik giebt nämlich bekannt, dass der von Portlandcement angefertigte Verputz auch auf Lehm- und Erdwänden fest und dauerhaft haftet, und diese Erfahrung wurde an einigen auf dem Fabrikanwesen selbst bestehenden Gebäuden gemacht. Bestehen die Mauern aus Luftsteinen in Ziegelform, so werden die Fugen vor dem Verputzen 1,5 cm. tief ausgekratzt, sind sie von Stampfwerk, so werden einige fugenartige Vertiefungen eingerissen; als Putzmörtel verwendet man in solchen Fällen 4 Th. Sand, 1 Th. Cement.

Die ältesten Cement-Fabriken finden wir in England; J. Parker erwarb für Herstellung von Roman-Cement schon im Jahre 1796 ein Patent, verband sich hierauf mit Wyatt, der noch jetzt unter der Firma Wyatt, Parker & Comp. ein grossartiges Geschäft betreibt. 1801 entstand die Fabrik von Francis, Whyte & Francis. Weitere renommirte Fabriken sind die von Francis Brothers, Robins & Comp., J. M. Blashfield, alle in London; die erstere von diesen Fabriken liefert ausser Portland- und Romancement auch noch einen anderen unter dem Namen Medina-Cement.

Der Medina-Cement enthält nach Professor Manger:

Kalkerde	45,73
Bittererde	5,28
Thonerde	9,74
Kieselerde	16,81
Eisenoxyd	8,67
Kali	1,55
Natron	0,52
Kohlensäure	5,43
Mangan, Phosphor, Schwefel-Spuren	
Thonsand	4,31
Wasser	1,43
	99,47

Aus dieser Analyse folgert Professor Manger, nachdem er dieselbe mit der Analyse des Tarnowitzer Cementes vergleicht, dass beide in Rede stehenden Cemente eine gleiche Fabrikation erfahren haben, dass beide zusammengesetzt seien aus einem Bitterkalk (Dolomit und einem Thon), die beide eisenhaltig seien; er macht ferner darauf aufmerksam, dass, wenn es begründet sei, dass der Medina-Cement vor andern Cementen, selbst vor dem Portland-Cement, vorzugsweise dem Meerwasser widerstehe, so liege der Grund davon unzweifelhaft darin, dass sich die Kieselerde leichter und lieber mit Kalk- und Bittererde, als mit Kalk allein verbinde. Nur muss der Bitterkalk in seiner ursprünglichen Zusammensetzung wenig oder keine Kieselerde enthalten, weil andernfalls die darin bestehende Verbindung der Bitter- und Kieselerde zu Gunsten einer neuen nicht aufgehoben wird, also beide Faktoren nur als todte Körper betrachtet werden können.

Der Medina-Cement verdient ausserdem durch seine Wohlfeilheit weitere Beachtung, und wird in England und Frankreich hauptsächlich zur Herstellung von Medina-Cementkonkreten für Hafen- und Schutzdämme im Meere, wie auch zum Häuserbau verwendet. (Das Nähere siehe Beton und Konkret.)

Neuerdings hat Ransome einen Cement zusammengestellt, der sich durch lebhaft schöne Farbe auszeichnet und sich besonders zu künstlerischen Ausstattungen eignet. Der Patentinhaber setzt dem vorher gut geschlämmten Thone eine Quantität Kaolin bei und brennt die gemengten rohen Cementmaterialien in Retorten, so dass eine direkte Einwirkung der Verbrennungsprodukte auf die Masse ausgeschlossen ist.

Das gewonnene marmorähnliche Produkt nimmt nach wenigen Stunden eine ausserordentliche Härte an. Eine Beimischung von löslicher Kieselerde, wie solche beispielsweise an der atlantischen Küste von Canada in mächtigen Schichten vorkommt (Infusorienerde?) verbessert die Masse und wird als die beste Mischung 60 Th. Kalk, 12 Th. Thonerde und 22 Th. Kieselerde angegeben. Soll der Cement nicht gerade weiss, sondern gefärbt sein, so wird Ocker oder Eisenoxyd u. dergl. beim Mahlen untergemischt.

Da sich der Preis eines solchen Cementes bedeutend höher stellt als beim Portlandcement, so wurde für billigere Sorten granulirte Hohofenschlacke verwendet und daraus ein Gemisch hergestellt, das aus gleichen Theilen Schlacke und Kreide oder aus 1 Theil Kreide und 2 Theilen Schlacke bestand. Bei mässiger Glühhitze erhält man dann einen vorzüglichen Cement, der mit dem besten Portlandcement konkurriren kann, indem er eine bedeutend grössere Festigkeit zeigt, schneller erhärtet und eine angenehme gelblich-weisse Farbe besitzt.

Die von Ransome verwendete Hohofenschlacke hatte folgende Zusammensetzung:

Kieselerde	38,25
Thonerde	22,19
Kalk	31,56
Magnesia	4,14
Schwefelcalcium	2,95
Eisenoxydul	0,91.

Ein anderer Vorschlag weissen Cement herzustellen, geht von O. Fahnejelm aus: 75 Th. reine geschlämmte Kreide werden mit 25 Th. geschlämmten Kaolin vermengt, in Rothglühhitze gebrannt und weiter wie Portlandcement behandelt. Bei Herstellung von Cementornamenten etc. kann man Gyps 4—5 pCt. zu setzen. Nachträglich mit Wasserglas behandelt erhalten die Gegenstände ausserordentliche Härte[1]).

Nachdem man den Cementen eine allgemeine Aufmerksamkeit zugewendet hatte, nachdem besonders namhafte Gelehrte sich die Aufgabe gestellt hatten, das ganze Wesen der Cemente wissenschaftlich zu begründen, konnte die Fabrikation derselben kein Geheimniss mehr sein, und so sind denn gegenwärtig fast aller Orten Fabriken entstanden, von denen sehr viele ein Fabrikat liefern, das keineswegs dem englischen nachsteht. So entstanden hauptsächlich durch die Bemühungen des Chemikers Dr. Bleibtreu die Portlandcement-Fabriken in Stettin und Bonn; Professor Manger, eine Autorität in dieser Frage, stellt den Fabrikaten dieser beiden Fabriken das vorzüglichste Zeugniss aus und giebt ihnen sogar in manchen Beziehungen den Vorzug vor den englischen Portlandcementen; übrigens haben sich die deutschen Portlandcemente auf der englischen Industrieausstellung zu London 1862 bereits „for excellence of manufacture“ allgemeine Anerkennung erworben.

Der wunderbarste Cement, der von einem englischen Obersten, Szerelmey erfunden ist, wird Zopissa genannt; um die Bindekraft dieses Cementes nachzuweisen, führte der Erfinder einer grossen Versammlung von namhaften Technikern staunenswerthe Versuche vor. Er verband Glasplatten an ihrem Rande, Glasplatten mit Eisenplatten; dann wurden gewöhnliche Glasflaschen an eine Backsteinmauer gemörtelt; beim Abreissen brach ein Theil des Backsteines aus, oder es brach der Flaschenhals ab. Zwei Champagnerflaschen an ihrem Boden zusammengekittet, trugen ein Gewicht von 125 Kilogramm und brachen bei stärkerem Druck nicht am Boden, sondern am Hals. Backsteine, welche vor den Augen der Zuschauer mit diesem Cement verbunden wurden, konnte man hoch in die Luft schleudern, und als sie auf das Pflaster fielen, zerbrachen die Steine in mehrere Stücke, aber die Fuge blieb ganz. Von zwei zusammengemörtelten Backsteinen wurde der eine in einen Schraubstock gespannt, der andere trug bis zu 167 Kilogr., wobei der Stein zerbrach, aber nicht der Zopissa-

[1]) Notizblatt für Ziegler 1876. S. 125.

cement; der Herr Oberst fertigt sogar aus Papier und Zopissa Häuser an! So berichten mehrere geachtete technische Zeitschriften.

Die vorbeschriebene Art der Experimentirerei aber mit Champagnerflaschen, Luftwürfen und Papierhäusern erinnert doch zu unwillkürlich an die Taschenspielkünste eines Bosco, als dass man Vertrauen darin setzen könnte!

Ueber die Festigkeit der verschiedenen Mörtelarten.

Um die Festigkeit der verschiedenen Mörtelarten zu untersuchen, bediente man sich vorherrschend der Apparate, welche im I. Bande S. 147 näher beschrieben sind und da die Mörtelarten in den meisten Fällen auf Druck beansprucht werden, so wurde auch vorherrschend deren Widerstand gegen Zerdrücken zu bestimmen gesucht.

Nach Rondelet ergiebt sich dieser Widerstand bei gut erhärtetem Mörtel aus folgender Tabelle:

	Spez. Gew.	Belastung
Kalkmörtel mit Flusssand bereitet	1,63	767 Kilogr.
desgl. - - -	1,89	1048 -
Kalkmörtel mit Grubensand bereitet	1,59	1017 -
desgl. - - -	1,90	1406 -

Sowie der Mörtel erhärtet, bindet er auch in folge der Adhäsion seiner Theile unter sich und zu den Steinflächen, worauf er kommt. Die Stärke dieser Bindung ist so gross, dass vermauerte sehr harte Ziegelsteine oft unzerbrochen gar nicht mehr getrennt werden können.

Nach Rondelet beträgt die Stärke der Kohäsion des Mörtels ungefähr ⅛ der Kraft, womit er in ganz erhärtetem Zustande zerdrückt werden kann. Die Kraft aber, womit er an Bruch- und Ziegelsteinen adhärirt, übertrifft noch die Stärke seines Zusammenhanges.

Die Festigkeit des hydraulischen Mörtels unter verschiedenen Umständen ergiebt sich aus darüber angestellten Versuchen von Rondelet auf eine Grundfläche von 25 Quadrat-Zentimeter.

	Spez. Gew.	Belastung.
Mörtel mit einem Cement von Ziegelmehl . . .	1,46	1191 Kilogr.
Derselbe Mörtel fein geschlagen	1,66	1633 -
Mörtel mit gemahlenem Sandstein	1,68	733 -
Puzzolane-Mörtel	1,46	916 -
Derselbe Mörtel fein geschlagen	1,68	1333 -

Die Stärke der Kohäsion und die bindende Kraft des hydraulischen Mörtels berechnet auf 1 Quadrat-Zentimeter, beträgt nach Vicat:

Bei vorzüglich gutem mit Quarzsand bereitetem hydraulischem Mörtel	9,6 Kilogr.
Bei gewöhnlichem hydraulischem Mörtel mit Quarzsand	6,0 -
Nach anderen Versuchen trägt vorzüglicher hydraulischer Kalkmörtel	12 -
- - - - gewöhnlicher hydraulischer Kalkmörtel	10 -
- - - - mittlerer hydraulischer Kalkmörtel	7 -

Nach Dr. F. Heinzerling ist die Festigkeit der Mörtel gegen Druck und Zug im Mittel:

1. Die Druckfestigkeit des Luftmörtels beträgt:

a) an der Bruchgrenze im Mittel 40 k. pro qcm. also
b) bei 10facher Sicherheit 4 k. pro qcm.

2. Die Druckfestigkeit des Cementmörtels beträgt:

nach holländischen Versuchen beim Bau des Kanals von Amsterdam nach 2monatlicher Erhärtung unterm Wasser:

1 Cement 1 Sand	50 k. pro qcm.
1 - 2 -	31 - - -
1 - 3 -	20 - - -
1 - 4 -	14 - - -

nach 4monatlicher Erhärtung:

1 Cement 1 Sand	57 k. pro qcm.
1 - 2 -	33 - - -
1 - 3 -	25 - - -
1 - 4 -	20 - - -

3. Die Druckfestigkeit des Trassmörtels aus 3 Thl. Kalk 2 Thl. Trass und 1 Thl. Sand ergab nach 2- bezw. 4 monatl. Erhärtung in dem ersten Falle 26 k. im anderen 30 pro qcm.

Ferner sind für die Zugfestigkeit verschiedener Mörtel nach 61 tägiger Erhärtung folgende Werthangaben ermittelt worden:

Mörtelarten.	in der Luft erhärtet k. pr. qcm.	in Wasser erhärtet k. pr. qcm.
1. Cemente und Cementmörtel.		
Reiner Cement (rheinisches u. westphäl. Fabr.)	24,0	21,0
1 Cement 1 feiner Sand	5,2	14,4
1 - 2 - -	2,5	7,8
1 - 3 - -	1,8	6,0
1 - 4 - -	1,3	3,7
1 - 5 - -	0,8	3,0
1 - 1 grober Sand	12,0	13,0
1 - 2 - -	2,8	7,1
1 - 3 - -	1,4	3,9
1 - 4 - -	0,8	3,3
1 - 5 - -	0,5	3,1
2. Wasserkalk u. Wasserkalkmörtel.		
Reiner Wasserkalk		
1 Wasserkalk 1 grober Sand	2,1	1,6
1 - 2 - -	2,0	1,0
1 - 3 - -	1,6	0,9
1 - 4 - -	1,4	0,8
1 - 5 - -	1,3	0,7
1 Wasserkalk 1 Trass -	0,9	0,5
1 - 2 - -	3,0	6,0
1 - 3 - -	2,2	4,2
1 - 4 - -	1,3	3,3
1 - 5 - -	1,1	2,0
1 Wasserkalk 1 Trass 1 grober Sand . . .	0,7	1,5
1 - 1 - 1 - -	1,2	3,6
1 - 1 - 2 - -	0,8	3,0
1 - 1 - 3 - -	0,6	1,9
1 - 1 - 4 - -	0,5	1,5
3. Weisskalk u. Weisskalkmörtel.		
1 Reiner Weisskalk	2,15	—
1 Weisskalk 1 feiner Sand	2,10	—
1 - 2 - -	1,95	—
1 - 3 - -	1,75	0,6
1 - 4 - -	1,70	0,4
1 - 5 - -	1,50	0,2
1 - 1 Trass	3,5	5,7
1 - 2 -	3,7	6,6
1 - 3 -	3,8	7,2
1 - 4 -	2,4	8,4
1 - 5 -	1,6	3,9
1 - 1 Trass 1 grober Sand	2,2	3,3
1 - 1 - 2 - -	1,7	2,5
1 - 1 - 3 - -	1,2	2,1
1 - 1 - 4 - -	0,9	2,0[1])

[1]) Näheres Schülke und Wiebe Deutsch. Bauzeitung 1875 No. 67.

Professor Manger hat durch vielfache Versuche über die Festigkeit reiner und gemischter Cemente folgende Schlüsse gezogen.

Die Portlandcemente vertragen, ohne ihre Versteinerungsfähigkeit zu verlieren, eine ansehnliche Beimischung von Sand, doch wird ihre Festigkeit mit der Masse der Sandbeimischung geringer; die Festigkeit des erhärteten reinen Portlandcementes ist gleich der eines gut gebrannten Backsteines; die deutschen Porlandcemente stehen den englischen durchaus gleich. Er hat ferner gefunden, dass die langsam erhärtenden Portlandcemente eine ungleich grössere Festigkeit annehmen, als die schnell erhärtenden, auch eine grössere Beimischung vertragen, dass die Erhärtung von 3,75 cm. dicken Platten unter Wasser 14 Wochen bedarf, von innen nach aussen stattfindet und auch dann noch nicht vollständig vollendet ist, dass mit der Masse des beigemischten Sandes die Zeit der Erhärtung sich verlängert, und die Festigkeit nach folgendem Verhältniss sich verringert. Bedeuten b und h die Breiten- und Höhenmasse eines Parallelepipedons von Portlandcementstein, P ein Gewicht in Zollpfunden, so ist seine

absolute Festigkeit:		für reinen Cement	$P = 925\ bh$.
-	-	für 1 Th. Sandmischung	$P = 742\ bh$.
-	-	- 2 - -	$P = 480\ bh$.
-	-	- 3 - -	$P = 261\ bh$.
-	-	- 4 - -	$P = 166\ bh$.

Bedeutet l die freie Länge eines mit seinen beiden Enden frei aufliegenden und in der Mitte belasteten Steins, so ist die

relative Festigkeit:		für reinen Cement	$P = 4\ .\ 12,_8 \frac{bh^2}{l}$
-	-	für 1 Th. Sandmischung	$P = 4\ .\ 10,3 \frac{bh^2}{l}$
-	-	- 2 - -	$P = 4\ .\ 6,7 \frac{bh^2}{l}$
-	-	- 3 - -	$P = 4\ .\ 3,6 \frac{bh^2}{l}$
-	-	- 4 - -	$P = 4\ .\ 2,3 \frac{bh^2}{l}$

Versuche über die rückwirkende Festigkeit mit einem deutschen Cement mit einzölligen Würfeln nach 24tägiger Erhärtung angestellt ergaben folgende Resultate:

1 Theil Cement und	2 Theile Sand	wurden	zerdrückt	durch	390,5	Kilogr.
1 - - -	3 -	-	-	-	362,0	-
1 - - -	4 -	-	-	-	272,0	-
1 - - -	10 -	-	-	-	56,0	-

Die ältesten Versuche über die Festigkeit von Roman- und Portland-Cement wurden 1843 auf der Baustelle der neuen Parlaments-Häuser in

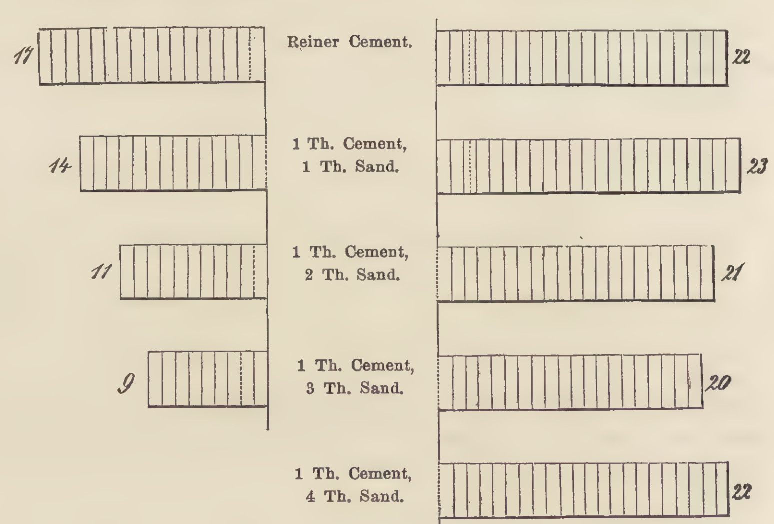
London unternommen; die Resultate in ihrer Hauptsache waren folgende. Erster Versuch: Ein Träger aus Backsteinen, 3 Steindicken hoch, ½ Stein breit (ohne Centralfugen) und 0,90 m. freiliegend, zerbrach nach dreitägiger Ausführung bei Anwendung eines Mörtels von 1 Theil Romancement und 1 Theil Sand bei einer Belastung in dessen Mitte wirkend, von 159,2 Kilogr. bei Anwendung von Portland-Cement-Mörtel:

1 Th. Portland-Cement u. 1 Th. Sand bei einer Belastung von 317,0 Kilogr.,
1 - - - - - 2 - - - - - - 200,0 -
1 - - - - - 3 - - - - - - 194,5 -

Zweiter Versuch: Ein Träger aus Backsteinen 3 Steindicken hoch, 1 Stein breit (ohne Centralfugen) und 1,5 m. freiliegend, zerbrach nach 10 tägiger Ausführung bei Anwendung eines Mörtels von
1 Th. Roman-Cement u. 1 Th. Sand bei einer Belastung von 127,5 Kilogr.; bei Anwendung von Portland-Cement-Mörtel:

1 Th. Portland-Cement u. 1 Th. Sand bei einer Belastung von 418,5 Kilogr.,
1 - - - - 2 - - - - - - 484,0 -
1 - - - - 3 - - - - - - 336,0 -
1 - - - - 4 - - - - - - 308,0 -

Fig. 338. Roman-Cement. Fig. 339. Portland-Cement.



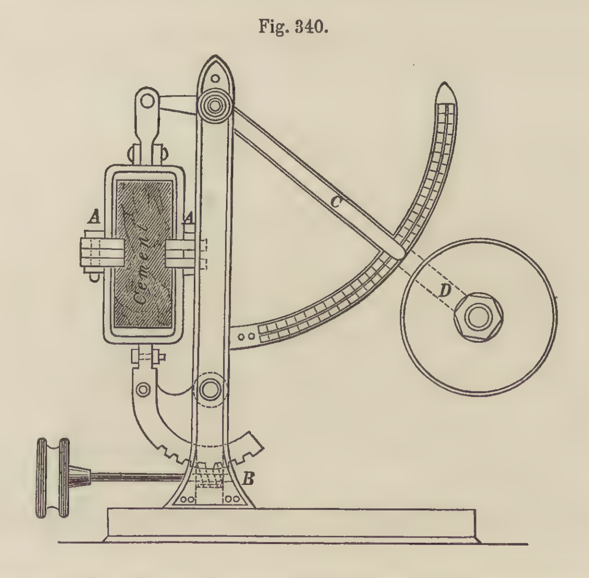
Dritter Versuch: Nachdem ein Backstein unmittelbar an die Wand gekittet war, wurden andere an ihm mittelst Cement festgehefetet, die erfolgten Bruchstellen sind in den Figuren 338 und 339 durch die punktirten Linien angegeben. Die Zahlen geben die Anzahl der Backsteine

an, welche bei jeder Mischung zusammenhielt, ehe sie von der Mauer losliessen; bei zwei Versuchen brachen die Backsteine, nicht die Fugen; nach weiteren vierzehn Tagen konnte ein horizontal gemauerter Balken, ganz wie beim zweiten Versuch behandelt, die sehr starke Probe von 12 Centner weiterer Last ertragen, ohne zu brechen, ein Beweis der zunehmenden Bindekraft des Portland-Cementes; aus diesen Versuchen geht ferner hervor, dass die Adhäsionskraft des Portland-Cementes durch Sandzusatz nur geringe Schwächung erleidet.

In neuester Zeit beschränkt man sich darauf, bei Festigkeits Prüfungen von Mörteln, dieselben in ihrem Widerstand gegen Zerreissung zu prüfen, und macht dabei die Annahme, dass zwischen Zug- und Druckfestigkeit ein gewisses konstantes Verhältniss bestehe, das gewöhnlich wie 1 : 10 angenommen wird.

So benutzte man bei den Hafenarbeiten zur Prüfung der Cemente in Velsen (Niederlande) einen dem Engländer V. de Michele patentirten Apparat, dessen Einrichtung nach E. Stürtz folgende ist: Der Apparat besitzt eine zangenartige Vorrichtung, in die das zu untersuchende Cementstück eingespannt wird; der untere Theil dieser Vorrichtung ist mit einem gezahnten Segmente verkuppelt, das seinerseits in ein Wurmgetriebe eingreift, während am oberen Theil der Zangenvorrichtnng ein Winkelhebel angebracht ist, dessen Ende durch ein Gegengewicht belastet wird. Ein Zapfen

Fig. 340.



an dem längeren Hebelarme verschiebt bei der Anfwärtsbewegung einen Zeiger auf der Skala.

Bei der Benutzung dieses Apparates (Fig. 340) spannt man die Cement-

probe bei A ein; durch ein Handrad wird das Wurmgetriebe B in Funktion gesetzt und dadurch ein spannender Zug auf die Cementprobe ausgeübt; die Grösse der Zugkraft ist durch den Zeiger C am Hebel D ablesbar, und fällt der Hebelarm zurück, sobald der Cement zerbricht. Der Zeiger aber der die Zugkraft angiebt, bleibt stehen.

Um die zu verwendenden Cemente nun auf ihre absolute Festigkeit zu prüfen, formt man aus allen neuen Lieferungen kleine Cementziegel von 0,03 m. Dicke, die oben und unten breiter, in der Mitte aber bis auf 0,3 m. eingeschnürt sind; der Cement wird hierzu nicht mit Sand gemengt. Diese Probeziegel müssen an der Luft erhärtet kontraktlich

nach 40 Stunden einen Zug von 7,9 Kilogr.,
- 60 - - - - 10,3 -
- 7 Tagen - - - 14,0 -

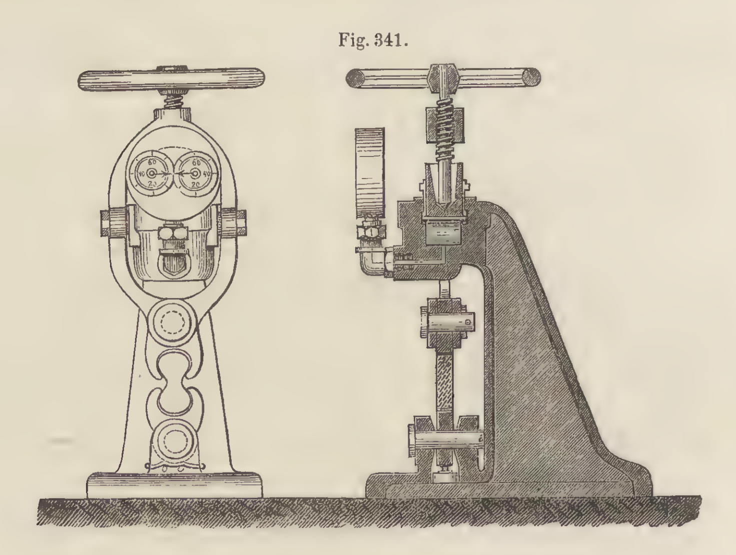
pro □ cm. aushalten können.

Die Resultate einer grösseren Prüfungsreihe von nahezu 5900 Kbm. Cement ergaben durchschnittlich:

nach 40 Stunden einen Zug von 11,00 Kilogr.,
- 60 - - - - 13,66 -
- 7 Tagen - - - 20,70 -

Das Maximum war eine Zugkraft von 43,0 Kilogr. pro □ cm. welche ein Cement von Lee & Son nach 7 Tagen aushielt.

Fig. 341.



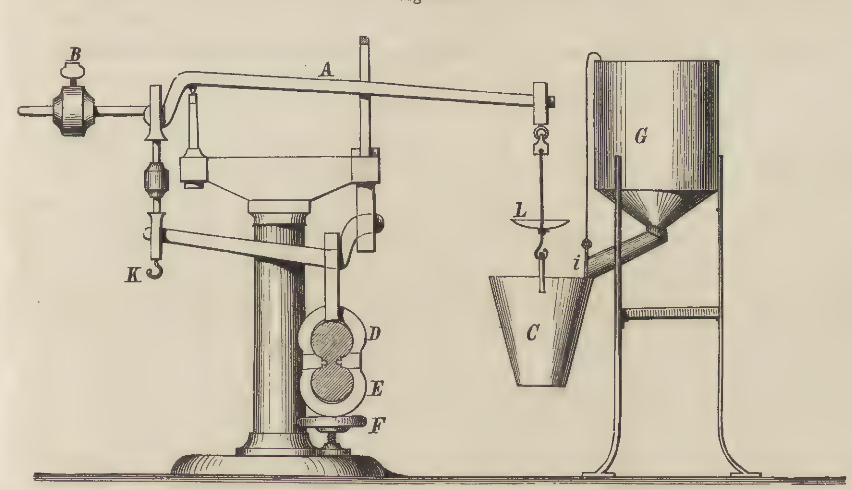
Eine direkte Ablesung der absoluten Festigkeit von Cementproben in k. pro qcm. gestattet das Dynamometer von Studt in Mainz Fig. 341; der Probekörper wird hier von zwei Klauen gefasst, von denen die untere mit

Charnierbolzen an der Sohlplatte befestigt ist, die obere an einem Bügel sitzt, der mit Hülfe einer Stellschraube beliebig gehoben werden kann. Die bei der Bewegung der Schraube bis zum Eintritt des Zerreissens ausgeübte Kraft wird gemessen, indem die Spitze der Stellvorrichtung durch ein Kölbchen die Glycerinfüllung eines Behälters komprimirt. Die entstehende Spannung indizirt ein aus zwei völlig getrennten Gehwerken bestehendes Doppelmanometer in der Art, dass jede Skala direkt die zerreissende Spannung in k pr. qcm. abzulesen gestattet. Eine der Skalen ist mit einem Maximumzeiger versehen, der je nach Beendigung eines Versuches auf Null zurück zudrehen ist. Die Skalen beider Manometer sind durch direkte Belastung bestimmt. Die Doppeltheilung leistet Gewähr für die Genauigkeit und Zuverlässigkeit des Resultates.

Auch haben die Gebrüder Richle in Philadelphia einen Zerreissungs-Apparat konstruirt, bei welchem das Resultat der Festigkeit direkt abgelesen werden kann[1]).

Gegenwärtig nach dem Zustandekommen der „Normen" ist zur Prüfung der Zugfestigkeit ein Normal-Apparat mit Doppelhebel-Uebersetzung allgemein gebräuchlich, die Fig. 342 zur Darstellung bringt; der Apparat wird wie folgt gehandhabt:

Fig. 342.



[1]) Wir verweisen auf die Polytechn. Review 1878. S. 303.

[2]) Auf die eben so interessanten wie umfangreichen Untersuchungen mehrerer Sorten Portlandcemente von Prof. Bauchinger muss hier auf die Mittheilungen aus dem Mechan. Techn. Laboratorium Heft 7 und 8 verwiesen werden.

Nachdem der Hebel A durch entsprechende Stellung des Gewichtes B so gestellt ist, dass die drei Schneiden desselben in einer Horizontalen liegen, eine Stellung, die durch eine Marke am Apparate bezeichnet ist, wird der kleine Eimer C an die unter der Schale L befindlichen Haken gehängt und der Cementprobekörper zwischen die Klauen D und E eingeschoben, wobei zu beachten ist, dass die vier gegen einander gerichteten Endflächen der Klauen parallele Lage haben, damit keine unregelmässige Spannung des Probekörpers eintritt. Mittelst des Handrädchens F wird dann der Probekörper so weit angespannt, dass der Hebel A wieder seine frühere Lage annimmt. Hierauf wird der mit Schrot gefüllte Auslaufapparat G neben den Eimer C derart gestellt, dass die auslaufenden Schrote in denselben hineinrollen. Zu diesem Behufe hebt man den Schieber i am Auslaufapparate mittelst des Messingdrahtes so hoch, dass die Füllung ruhig, aber ohne Unterbrechung sich in den Eimer ergiesst. Dabei hängt man den Draht mit der gezahnten Stelle an die unter dem Gefässrande oben angebrachte Schneide. In dem Augenblick, wo der Bruch des Probekörpers erfolgt, hemmt man pünktlich den Zulauf, indem man den oben umgebogenen Draht rasch in der Richtung nach aussen von der Schneide abdrückt. Das Gewicht des Eimers nebst dem darin enthaltenen Schrot bewirkte den Bruch der Probe. Dieses Gewicht bestimmt man einfach mittelst des Zugfestigkeitsapparates selbst, indem man den Eimer an den am kurzen Arme des zehntheiligen oberen Hebels wirkenden Haken K hängt und durch Aufsetzen von Gewichten auf die Schale L das Gleichgewicht herstellt. Da die Wägung also mittelst einer Dezimalwaage geschieht, so ist, wenn die Anzahl der auf der Schale L befindlichen Gramme = a ist, das Gewicht des Eimers nebst Schrot = 10 . a. Indem dieses letztere Gewicht den Bruch der Probe hervorbrachte, wirkte es an einem 50 fachen Hebelarme, weil das Verhältniss der Arme des oberen Hebels 1 : 10, des unteren 1 : 5 ist, so dass also die wirkliche Zugbelastung des Probekörpers = 50 . 10 . a beim Bruche betrug, oder da der Querschnitt der Probe an der Bruchstelle 5 qcm. beträgt $= \frac{50 \cdot 10 \cdot a}{5}$ pro qcm. = 100 . a . pro qcm in Grammen oder = $^1/_{10}$ a pro qcm. in Kilogrammen. Ständen beispielsweise auf der Schale 105 Gramm, so wäre das Bruchgewicht 10,5 kgr. pro qcm. Die Art, wie der Probekörper gehalten wird, stellt die nebenstehende Fig. 343 dar.

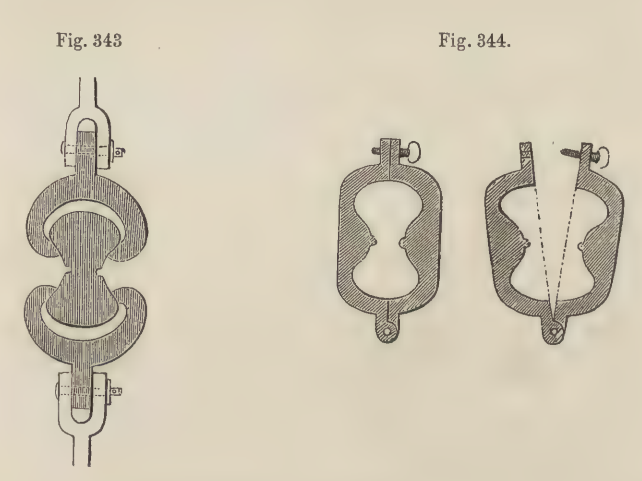
Zur Herstellung der Probekörper bediente man sich früher einer Form die mit Charnier und Schraube versehen war; im Interesse gleichmässiger Herstellung von Probekörpern hat man gegenwärtig der Form (nach Fig. 344) je zwei Führungsstifte an den Flanschen und eine Klammer gegeben, welche beide Formhälften geeignet fest zusammenhalten, und leicht und sicher sich lösen lassen. Die Klammer wird von der Form abgezogen, nachdem die nach Anleitung eingestampfte Masse genügend

darin erhärtet ist. Die beiden Formhälften sind leicht vom Probekörper zu trennen und lösen sich besonders gut ab, wenn die Flächen vorher ein wenig geölt waren.

Für Oesterreich hat H. Hauenschild einen sehr einfachen Apparat konstruirt, der in der Versuchsstation und Prüfungsanstalt für Baumaterialien in Wien offiziell eingeführt ist[1]).

Zu den Versuchen über die Wasserdichtigkeit der Cemente werden statt der Steine kleine Cylinder von 0,10 m. und 0,15 m. Durchmesser geformt. Auch hier werden zwei Proben von jeder Mischung gefertigt, und die eine dem Wasser, die andere der Luft zur Erhärtung ausgesetzt. Die Versuche werden nun in der Weise angestellt, dass jeder Cylinder fest zwischen zwei Messingdeckel geschraubt wird, die so dicht schliessen, dass zwischen Deckel und Cylinder sich kein Wasser mehr hindurchdrängen kann. Der obere Deckel ist in der Mitte mit einer Oeffnung versehen in welche eine Bleiröhre einmündet, die mit einem Wasserbehälter in Verbindung steht. Auf diese Weise werden die Cylinder dem Drucke einer Wassersäule von 5 m. ausgesetzt. Die Cylinder werden in einen kleinen Blechkasten gestellt, welcher das durchsickernde Wasser aufzunehmen hat, nach einem längeren Zeitraume gewogen wird und das Dichtigkeitsverhältniss verschiedener Cementsorten feststellen lässt.

Fig. 343 Fig. 344.



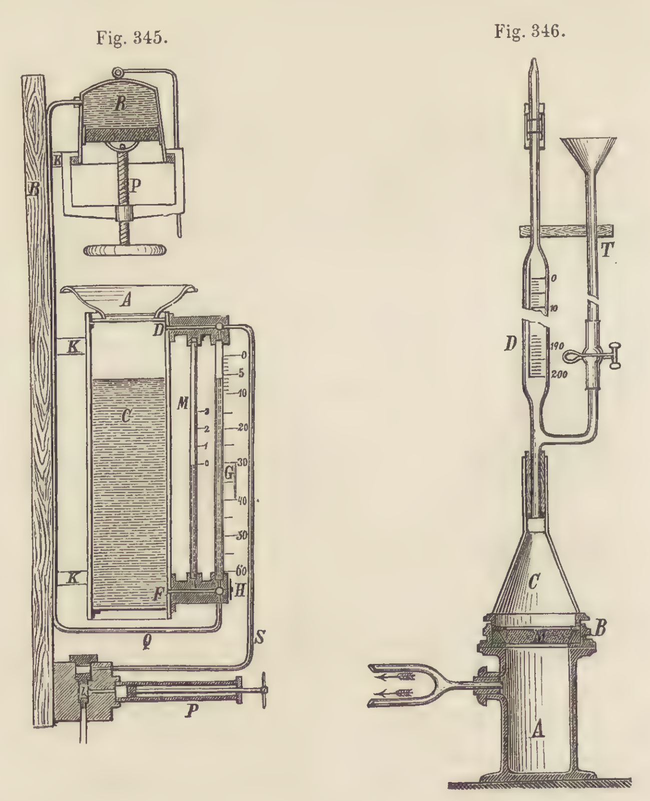
Die so angestellten Versuche haben ergeben, dass der Portland-Cement obenan steht, und dass eine Mischung von 1 Th. Cement und 2 Th. Sand bei entsprechender Festigkeit die vortheilhafteste Verwendung gestattet.

Die neuesten Apparate zur Prüfung von Cementmörteln in bezug auf Wasserdichtigkeit sind von L. P. Raasche und W. Frühling konstruirt.

[1]) Die Mörtelsubstanzen von H. Hauenschild geben auf S. 223 eine Abbildung und nähere Beschreibung des Apparates.

Ersterer durch Figur 345 erläutert hat nach Dr. Michaelis folgende Einrichtung: ein hoher, kupferner, oben und unten geschlossener Cylinder C ist seitlich mit zwei Oeffnungen versehen, welche in die Röhren D und F ausmünden; durch letztere steht der Cylinder in Verbindung mit dem geschlossenen Manometer M und mittelst des Dreiweghahnes H mit dem in 0,1 kcm. getheilten Rohre G, während das Messingrohr Q zu dem schwachkonischen Metallcylinder R führt, in welchem das zu prüfende Cementstück c mittelst der Schraube P festgestellt wird; die Dichtung wird durch einen getalgten Gummiring bewirkt. Mittelst der Pumpe p kann man bei entsprechender Stellung des Dreiweghahnes K durch den Schlauch S Wasser oder Luft in den Cylinder C pressen. Da die dem Drucke ausgesetzte Fläche des zu prüfenden Cementmörtels genau 100 qcm. beträgt und der Querschnitt von dem Cylinder C 99 mal so gross ist als von G, so würde

Fig. 345. Fig. 346.

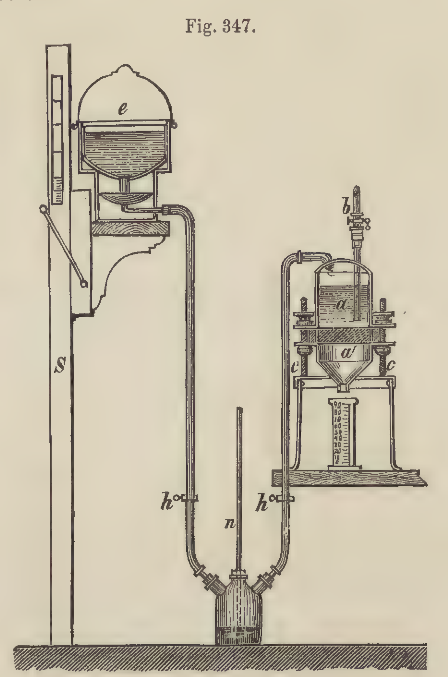


bei gezeichneter Stellung der Hähne das Sinken des Wasserspiegels in G um 0,1 kcm. anzeigen, dass das Wasser 0,1 cm. tief in den Cement eingedrungen ist. Das durchgesickerte Wasser wird in der Schale A aufgefangen. Dieser Apparat lässt zwar Drucke bis 10 at. zu, er ist aber theuer.

Dr. Michaelis verwendet daher lieber den in Fig. 346 dargestellten, bis 1 at. zulassenden Apparat. Auf den tubulirten gläsernen Fuss A mit breitem abgeschliffenen oberen Rande wird ein genau aufgeschliffener Messingring B gesetzt, welchem mittelst Gummiring das zu prüfende Mörtelstück M von genau 20 qcm. in Wirkung tretender Fläche und 1 cm. Stärke durch Einschrauben des Einsatzes C dicht eingefügt wird; letzterer trägt die Messröhre D, welche bis 200 kcm. in 0,5 kcm. getheilt ist. Der Raum über der Mörtelscheibe bis zum Nullpunkt der Messröhre wird durch das Trichterrohr T mit reinem Wasser gefüllt; dann wird der Quetschhahn geschlossen.

Nun wird durch eine mit dem Rohrstück b verbundene Luftpumpe der Raum unter dem Mörtelstück ausgepumpt; der zweite Schenkel a ist mit einem Manometer verbunden. Man kann dann an der Messröhre für jede beliebige Zeiteinheit die den Mörtel durchdringende Wassermenge für 20 qcm. direkt ablesen.

Fig. 347.



Der von Frühling konstruirte Apparat, in Fig. 347 dargestellt, hat einen mit breitem Rande versehenen Kupferkessel a, in welchen der Trichter a' hineingreift; drei Schrauben c, c, mit Muttern passend stellbar, nehmen das mit einem Gummiringe gedichtete Probestück (zwischen a und a') auf. Durch eine bis zur Mündung des Kessels herabreichende Röhre b wird derselbe mit derjenigen Flüssigkeit gefüllt, deren Durchlässigkeit in bezug auf den Mörtel geprüft werden soll.

Der Druck wird durch Höher- und Tieferstellen des mit Wasser oder Quecksilber gefüllten Gefässes e erzeugt. Da dasselbe sich wie eine unter das Flüssigkeitsniveau mit der Mündung eingetauchte Flasche entleert, ausserdem durch die passend angebrachten Quetschhähne ohne Störung des Gleichgewichtes des hydraulischen Druckes immer wieder gefüllt werden kann, so ist es leicht ersichtlich, dass man ein Probestück ohne Mühe Tage lang unter stets gleichem Drucke und doch bei beliebig zu wechselnden Probeflüssigkeiten beobachten kann. Ausser der leicht zu ermittelnden Höhe der Flüssigkeit in dem Wasser- oder Quecksilberbehälter dient noch die in der unter dem Arbeitstische aufgestellten Woulfschen Flasche befindliche Barometerröhre zur stetigen Ablesung des vorhandenen Druckes[1]).

Zur Beurtheilung der Portland-Cemente.

Nur durch eine umfassende Erkenntniss des Wesens der Portland-Cemente war es möglich, in der Fabrikation derselben mit vollständiger Sicherheit vorzugehen; solche nicht hoch genug anzuschlagenden Erfolge verdanken wir aber hauptsächlich nur jenen Männern der Wissenschaft, die es unternahmen das Wesen der Verbindungsmaterialien zu erforschen und vor allen ist es Dr. W. Michaelis der den Grund gelegt hat, auf welchen die gegenwärtige Portland-Cement Fabrikation so sicher begründet und weiter ausgebildet werden konnte.

Die grosse Unsicherheit, die bei der Anwendung der Cemente sich früher geltend machte, haben der allgemeinen Verwendung erhebliche Schwierigkeiten entgegesetzt, und drängte sich dem praktischen Baumeister oft die Ansicht auf, dass ein unzuverlässiges Baumaterial, das unter Umständen erheblichen Schaden anzurichten im Stande sei, nicht die Berechtigung habe, allgemeine Einführung zu finden.

Erst die grosse Sicherheit und Gleichmässigkeit, welche erfahrene Fabrikanten, unterstützt durch die Wissenschaft, ihren Cementen zu gewähren wussten, hat die Zweifel und das Misstrauen verscheucht, welche man dem sonst so heimtückischen Material gegenüber hegen musste. Die früher angestellten Proben den Portland-Cement auf seine Güte zu prüfen, waren ungenügend und das Hauptmoment für die Beurtheilung: die Bindekraft und Festigkeit der Cemente, sowohl für sich, als mit Sand gemischt gründlich kennen zu lernen, war zur vollen Erkenntniss noch nicht gereift.

Bahnbrechend in dieser Beziehung sind erst die Vorschläge von Dr. Michaelis geworden, welcher als das sicherste Kriterium für die Güte der Cemente solche Prüfungen als die einzig zuverlässigen bezeichnet.

Dr. Michaelis hält es zwar für räthlich die vorzunehmenden Festigkeitsversuche auf den Zeitraum von 3 Monaten bis zu einem Jahr aus-

[1]) R. Wagner's Jahresbericht 1879. S. 658. Thonindustriezeitung 1879. S. 94.

zudehnen, für Kontrolproben eines sonst bekannten Materiales aber sei eine siebentägige Probe vollständig genügend.

Ein Cement, welcher nach 7 Tagen Erhärtung (1 Tag an der Luft, 6 Tage unter Wasser) eine hohe Festigkeit erlangt hat, darf ohne Bedenken als gut erachtet werden: die einzige Ausnahme hiervon machen nur solche fehlerhaft zusammengesetzten Cemente, in welche Fluor über die zulässige Grenze gekommen ist; solche mehr als 1 pCt. Fluor enthaltende Cemente verrathen sich jedoch durch ihre Färbung, die nicht wie beim normalen Cement grünlich ist, sondern von Blaugrau ins Rothe übergeht, und oft lebhaft rothe Flecken wahrnehmen lässt.

Die Festigkeit einer 7 tägigen Cementprobe weist im grossen Ganzen 60 pCt. der Festigkeit nach Jahresfrist auf.

Zur Illustration der Festigkeitsverhältnisse und der daraus abgeleiteten Regeln, theilt nun Dr. Michaelis eine grosse Anzahl von Festigkeits-Ermittelungen, insbesondere Bestimmungen der Zugfestigkeit mit, die theils von ihm selbst, theils durch John Grant, Chief Ingineer of the Metropoliten Board of Works in London gefunden wurden.

Ein englischer Portland Cement (Wallsend, New-Castle) ergab auf absolute Festigkeit geprüft, folgendes Resultat:

Zeitdauer und Art der Erhärtung.	abs. Festigk. k. pr. qcm.
10 Stunden in Luft erhärtet	5,36
12 - - - -	7,07
12 - davon 5 in Luft 7 unter Wasser .	5,23
14 - in der Luft erhärtet	6,05
16 - - - - -	10,86
18 - - - - -	14,95
20 - - - - -	16,10
22 - - - - -	12,61
24 - - - - -	13,06
24 - davon 12 in der Luft, 12 unter Wasser	10,40
2 Tage nur immer 1 Tag in der Luft und von da ab bis zur Prüfung unter Wasser erhärtet	19,55
3 Tage	21,96
4 -	20,54
5 -	25,14
6 -	28,98
7 -	29,29
1 Monat	42,51
3 -	51,54
1 Jahr	78,54
2 -	57,16

Das Gewicht des geprüften Cements betrug pro hl. 146,44 k. bei einer Mahlung wobei 67,45 pCt. ein Sieb mit 900 Maschen pro qcm.
26,05 - - - - 180 - - -
passirten und 6,50 Rest auf letzteren verblieben.

Derselbe Cement durch ein Sieb mit 180 Maschen abgesiebt, und nur das Siebfeine also 93,5 pCt. vom Ganzen verarbeitet, ergab eine Zugfestigkeit:

Erhärtungsdauer.	abs. Festigk. K. pr. qcm.
1 Tag	17,93
2 -	26,31
3 -	26,39
4 -	35,85
5 -	33,86
6 -	35,17
7 -	37,26
1 Monat	45,72

Mit demselben Cement weiters vorgenommene Versuche bei noch feinerer Mahlung, ergaben den unangezweifelten Vortheil der aus feiner Mahlnng resultirt, und zwar so dass nur eine solche die rationelle Ausnutzung der theuren Cemente gestattet.

Der Effekt feiner Mahlung wird durch folgende Versuchsreihe illustrirt:

Art der Mahlung.	absol. Festigk. nach 3 Monaten	absol. Festigk. nach 6 Monaten.
der Cement durch ein Sieb mit 400 Maschen abgesiebt nur das Siebfeine — gegen 70 pCt. — an sich	32,62	34,59
Derselbe mit 10 pCt. Siebgröbe	33,88	35,71
- - 20 - -	35,08	35,85
- - 30 - -	35,64	36,20
- - 40 - -	35,15	36,55
- - 50 - -	34,44	36,90
- - 60 - -	35,99	37,05
- - 70 - -	34,32	37,61

Interessant wegen der auf so langen Zeitraum ausgedehnten Versuchsreihe hat J. Grant einen Portland Cement von 153,5 k. pro hl. einmal rein, das zweitemal mit Sand vermischt auf absolute Festigkeit untersucht und dabei folgende Zahlen gefunden:

Erhärtungsdauer.	Reiner Cement.	1 Th. Cement [1]). 1 Th. Sand.
7 Tage	25,5	11,0
1 Monat	29,2	14,1
3 -	32,9	17,1
6 -	36,7	20,0
9 -	38,0	21,6
12 -	38,4	22,4
2 Jahre	41,2	24,7
3 -	41,0	24,5
4 -	40,9	25,5
5 -	40,7	25,6
6 -	40,8	25,6
7 -	41,3	26,9
8 -	31,5	21,3
9 -	34,8	22,9
10 -	34,5	26,3

Die Güte des Cementes nimmt mit seinem Kalkgehalte — innerhalb der zulässigen Grenzen und bei sorgfältiger Bereitung — zu; denn je kalkreicher die Mischung ist, um so schärfer kann der Brand sein, um so schwerer ist schliesslich das Fabrikat. Je grösser also das Gewicht eines Hektoliter Cement, um so besser ist derselbe unter sonst gleichen Umständen; auch dieser Satz hat sich durch die über 4 Jahre 1862 bis 1866 sich erstreckenden Versuchsreihen, wobei gegen 170,000 Tonnen Cement geprüft wurden, auf das Unwiderlegbarste bewahrheitet.

Die Versuche J. Grant[2]) führten 1878 zu einer Normativ-Bestimmung für die Lieferung von Portland-Cementen, die aus dem Englischen übersetzt folgenden Wortlaut hat:

Aller gelieferte Portland-Cement muss beste Beschaffenheit haben. Die Mahlung soll so fein sein, dass der Cement durch ein Sieb von 50 Maschen pro laufenden Zoll durchgeht. Das spezifische Gewicht hat nicht weniger als 3,1 zu betragen; das Gewicht des gestrichenen Scheffels muss 114 Pfund oder mehr erreichen. Auf die Werke geliefert soll er in trockenen Schuppen oder Baulichkeiten gelagert werden, die der Unternehmer zu diesem Zwecke zu beschaffen hat. Die Schuppen müssen gedielt sein und die nöthigen Unterabtheilungen besitzen. Der Cement ist auf den Boden zu schütten, und sind je 50 Scheffel von einander zu trennen. Er ist nicht eher zu verwenden, als die Proben, die aus jedem zehnten Sack zu entnehmen sind, untersucht wurden. Die Proben werden aus reinem Cement in Formen angemacht und mittelst eines geeigneten, den Werken gehörigen Apparates durch die dort angestellten Beamten geprüft.

[1]) Die Proben blieben bis zum Versuch unter Wasser, die Zahlen ergaben sich als das Mittel aus je 10 Versuchen.

[2]) „Minutes of proceedings of the institution of civil engineers."

Die Probekörper werden 24 Stunden nach dem Anmachen ins Wasser gelegt und verbleiben darin bis zur Feststellung der Zugfestigkeit. Cement, der bei den Zugproben nach 7 Tagen Erhärtung nicht 400 Pfund pro □ Zoll, und nach 28 Tagen nicht 600 Pfund ohne zu reissen aushält, wird verworfen und ist von den Werken zu entfernen; die erstere von den beiden Proben gilt als Vorprobe, die letztere als die entscheidend endgültige.

Französische Ingenieure hatten bis dahin gefordert:

Zugfestigkeit von reinem Cement

nach 2 Tagen	. . . .	4,38 k.
„ 5 „	. . . .	8,76 „
„ 30 „	. . . .	16,59 „

In neuester Zeit wurden die Lieferungsbedingungen für das Metropolitan „Board of Works von J. Grant dahin modifizirt dass die Mahlung des Cements so fein sein soll, dass 80 pCt. desselben im Sieb von 900 Maschen pro Quadratzoll passirt; wenn weniger als 80 pCt. das Sieb passiren, so ist eine dem Minderverhältniss entsprechende Quantität Cement hinzuzufügen."

Was die Probekörper anbetrifft, wird verlangt:

Der Cement wird mit der dreifachen Gewichtsmenge trockenen Sandes angemacht, der durch ein Sieb von 400 Maschen pro Quadratzoll hindurchgegangen und auf einem Siebe von 900 Maschen pro Quadratzoll zurückgeblieben ist. Nachdem Cement und Sand trocken wohl gemischt sind und ungefähr 10 pCt. dem Gewichte nach an Wasser hinzugesetzt sind, werden Probekörper in 1 Quadratzoll Querschnitt an der schwächsten Stelle hergestellt.

Nachdem diese Probekörper 48 Stunden in einer feuchten Atmosphäre gelegen haben, werden sie unter Wasser gesenkt, worin sie bis zur Prüfung ihrer Zugfestigkeit verbleiben.

Letztere wird durch die Beamten der Werke mittelst der dortigen Apparate festgestellt. Cement der bei den Zugproben nicht ein Gewicht von 140 Pfund pro Quadratzoll (nahezu 10 k. pro qcm.) 28 Tage nach der Herstellung ohne zu zerreissen aushält, wird verworfen und ist von den Werken zu entfernen.

Aus den weiteren Festigkeitsversuchen Grants die in die Jahre von 1865—1870 fallen, erkennt man gegen früher eine allgemein eingetretene grössere Leistungsfähigkeit der hergestellten englischen Portlandcemente so dass Cemente mit einer mittleren absoluten Festigkeit von 24 bis 27 k. nach 7 Tagen geliefert werden konnten.

Dr. Michaelis der wie Grant vielfach deutsche Portlandcemente auf ihre Zugfestigkeit prüfte, gelangte zu der Ueberzeugung, dass man als Normal Festigkeit für guten Cement keinesfalls unter 25 k. pro qcm.

nach 7 Tagen herabgehen dürfe, ja für recht guten Cement würde etwa 35 k. zu fordern sein; habe er ja doch bei seinen Festigkeitsversuchen 50 und selbst 60 k. nach der 7 Tagesprobe bei einzelnen vorzüglichen Cementen nachweisen können.

Aus Grants Versuchen über mit Sand vermengte Cemente (Cementmörtel) lässt sich folgern, dass nach Jahresfrist

1	Cement	und	1	Sand	etwa	75 pCt.
1	-	-	2	-	-	50 -
1	-	-	3	-	-	33 -
1	-	-	4	-	-	25 -
1	-	-	5	-	-	17 -

von der Festigkeit des unvermengten Cements besitze.

Ferner lässt sich die Annahme machen, dass die massgebende Erhärtung nach 7 Tagen eintritt, die Hauptphase der Erhärtung binnen 3 Monaten sich abwickelt, dass die Erhärtung nach 6 Monaten nicht wesentlich mehr zunimmt und dass sie mit Jahresfrist so weit beendet ist, dass bei Erhärtung bis zu 2 Jahren ein Zuwachs beinahe nicht mehr nachgewiesen werden kann.

Eine 7 tägige Festigkeitsprobe erklärt Dr. Michaelis dann als das massgebende Kriterium für die Güte der Cemente; eine solche Prüfungsmethode kann aber nur dann einen durchschlagenden Erfolg haben, wenn sie überall eingeführt und in ganz gleicher Weise ausgeführt wird.

Als Schlussfolgerung, welche für die Praxis aus der werthvollen Studie des Dr. Michaelis sich ergab, wurden für die Beurtheilung resp. Prüfung der Cemente 17 Thesen aufgestellt und zur Annahme empfohlen.

Diese Thesen fanden jedoch theilweise heftigen Widerstand; besonders machte sich der Wunsch geltend, die 7 tägige Prüfungszeit in eine 28 tägige umzuwandeln, auch dürfe sich die Prüfung nicht allein auf Probestücke beziehen, die aus reinem Portlandcement bestehen, sondern empfehlen sich Mischungen mit hohen Sandzusätzen, denn nur hierdurch komme der eigentliche Werth eines Cementes zum besseren Ausdruck. Bei 1 und 2 Th. Sandzusatz stellen sich sehr häufig zwei Cemente nahezu gleich, bei mehr Theilen erst treten die massgebenden Brauchbarkeits-Differenzen zu Tage[1]).

Auch gegen den Vorschlag in bezug auf die Anfertigung der Probekörper, die nach Dr. Michaelis auf einer aufsaugenden Unterlage (Gyps oder gebrannte Thonplatten) herzustellen seien, wurden Einwendungen gemacht, und hervorgehoben, dass die „Aufsaugmethode“ keine übereinstimmenden

---

[1]) Thonindustrie-Zeitung von 1877 hat Rud. Dyckerhoff diese seine Ansicht ausführlich zu begründen gesucht.

Resultate gäbe und namentlich dazu beitrage sehr hohe Zahlenwerthe zu liefern, welche der Praxis in keiner Weise entsprächen[1]).

Nach den Beschlüssen des Architektenvereins und des Vereins Berliner Bauinteressen in Berlin, dann des Vereins deutscher Cementfabrikation und des Vereins für Fabrikation von Ziegeln etc. wurden dann im Jahre 1877 endgiltig die gegenwärtig allgemein auch von vielen Staatsbehörden anerkannten Normen aufgestellt; nur ein kleiner Theil deutscher Cementfabrikanten unterwarf sich diesen Beschlüssen nicht unbedingt und gingen diese von der Ansicht aus, man könne mit Fug und Recht wie dies Dr. Michaelis vorgeschlagen hatte, von den deutschen Fabrikaten höhere Leistungen in bezug auf die Güte der Cemente fordern, wie dies in den Normen geschehen sei.

Im **Jahre 1878** wurde vom Königl. Preuss. Ministerium für Handel, Gewerbe und öffentliche Arbeiten mittelst Erlass vom 10. Novbr. **die Normen für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandcement** anerkannt; sie lauten:

I. Das Gewicht der Tonnen und Säcke, in welchen Portlandcement in den Handel gebracht wird, soll ein einheitliches sein; es sollen nur Normaltonnen von 180 Kgr. brutto und 170 Kgr. netto, halbe Tonnen von 90 Kgr. brutto und 83 Kgr. netto, sowie Säcke von 60 Kgr. Bruttogewicht von den Fabriken gepackt werden. — Streuverlust, sowie etwaige Schwankungen im Einzelgewicht können bis zu 2 pCt. nicht beanstandet werden. — Die Tonnen und Säcke sollen die Firma der betreffenden Fabrik und die Bezeichnung des Bruttogewichts mit deutlicher Schrift tragen.

II. Je nach der Art der Verwendung ist Portlandcement langsam oder rasch bindend zu verlangen. Für die meisten Zwecke kann langsam bindender Cement angewandt werden und es ist diesem dann wegen der leichteren und zuverlässigeren Verarbeitung und wegen seiner höheren Bindekraft immer der Vorzug zu geben.

Als langsam bindend sind solche Cemente zu bezeichnen, welche in ½ Stunde oder in längerer Zeit erst abbinden.

III. Portlandcement soll volumbeständig sein. Als entscheidende Probe soll gelten, dass ein dünner, auf Glas oder Dachziegel ausgegossener Kuchen von reinem Cement, unter Wasser gelegt auch nach längerer Beobachtungszeit durchaus keine Verkrümmungen oder Kantenrisse zeigen darf.

IV. Portlandcement soll so fein gemahlen sein, dass eine Probe desselben auf einen Sieb von 900 Maschen pro qcm. höchstens 20 pCt. Rückstand hinterlässt.

V. Die Bindekraft von Portlandcement soll durch Prüfung einer Mischung von Cement und Sand ermittelt werden. Daneben empfiehlt es sich, zur

---

[1]) Diese Vorschläge sind nach R. Dyckerhoff in der deutschen Bauzeitung 1877 S. 181 des Weiteren spezialisirt.

Kontrole der gleichmässigen Beschaffenheit der einzelnen Lieferungen auch die Festigkeit des reinen Cements festzustellen. Die Prüfung soll auf Zugfestigkeit nach einheitlicher Methode geschehen, und zwar mittels Probekörper von gleicher Gestalt und gleichem Querschnitt und mit gleichen Zerreissungsapparaten. — Die Zerreissungsproben sind an Probekörpern von 5 qcm. Querschnitt der Bruchfläche vorzunehmen.

VI. Guter, langsam bindender Portlandcement soll bei der Probe mit 3 Gewichtstheilen Normalsand auf 1 Gewichtstheil Cement nach 28 Tagen Erhärtung — 1 Tag an der Luft und 27. Tage unter Wasser — eine Minimal-Zugfestigkeit von 10 Kgr. pro qcm. haben. — Bei einem bereits geprüften Cement kann die Probe sowohl des reinen Cements als des Cements mit Sandmischung als Kontrole für die gleichmässige Güte der Lieferung dienen. — Der Normalsand[1]) wird dadurch gewonnen, dass man einen möglichst reinen Quarzsand wäscht, trocknet, durch ein Sieb von 60 Maschen pro qcm. siebt, dadurch die gröbsten Theile ausscheidet und aus dem so erhaltenen Sand mittels eines Siebes von 120 Maschen pro qcm. noch die feinsten Theile entfernt. — Die Probekörper müssen sofort nach der Entnahme aus dem Wasser geprüft werden — Cement, welcher eine höhere Festigkeit als 10 Kgr. pro qcm. (s. oben) zeigt, gestattet in den meisten Fällen einen grösseren Sandzusatz und hat aus diesem Gesichtspunkte betrachtet, so wie oft schon wegen seiner grösseren Festigkeit bei gleichem Sandzusatz, Anrecht auf einen entsprechend höheren Preis. — Bei schnell bindenden Portlandcementen ist die Zugfestigkeit nach 28 Tagen im allgemeinen eine geringere als die oben angegebene.

Motive und Erklärungen zu vorstehenden Normen, sowie Beschreibung der Proben zur Ermittelung der Bindekraft

nach den Beschlüssen des Architekten-Vereins zu Berlin, des Vereins Berliner Bauinteressen: Berliner Baumarkt, des Deutschen Vereins für Fabrikation von Ziegeln, Thonwaaren, Kalk und Cement und des Vereins Deutscher Cement-Fabrikanten.

Motive zu I. Ein einheitliches Gewicht der im Handel vorkommenden Tonnen und Säcke existirt bis jetzt nicht. Während die norddeutschen Fabriken Tonnen sowohl von 200 Kgr. als auch solche von 180 Kgr. packen, haben die Tonnen der west- und süddeutschen, sowie die der meisten englischen Fabriken ein Gewicht von 180 Kgr. brutto; es kommen indess auch noch leichtere Tonnen, namentlich im Kleinverkehr beim Wiederver-

[1]) Da durch Versuche erwiesen ist, dass solche Normalsande aus verschiedenen Bezugsquellen bezogen verschiedene Festigkeitsresultate ergeben, so hat man, um eine Uebereinstimmung in den Normen zu ermöglichen, das chemische Laboratorium für Thonindustrie von Dr. H. Seger und Dr. Jul. Aron dazu veranlasst, stets ein grösseres Lager von Normalsand zur Abgabe für Normalproben zu halten.

kauf vor. Da nun der Preis per Tonne gestellt wird, so ist die Einführung eines einheitlichen Gewichts im Interesse der Konsumenten und des reellen Geschäfts dringend geboten. — Hierzu ist das weitaus gebräuchlichste und im internationalen Verkehr fast ausschliesslich geltende Gewicht von 180 Kgr. brutto = ca. 400 Pfd. engl. gewählt worden.

Nachdem die wesentlich billigere Verpackung in Säcken sich seit einer Reihe von Jahren in Süddeutschland, Holland, Belgien, England u. s. w. für sehr viele Fälle als durchaus genügend erwiesen hat, ist diese Verpackungsweise wegen der grossen, für den Konsumenten zu erzielenden Ersparniss, namentlich für grössere Lieferungen, ganz besonders zu empfehlen. Für das zur einheitlichen Einführung zu bringende Gewicht von 1 Sack wurde 60 Kgr. als das geeignetste befunden, weil ein solches Gewicht mit Leichtigkeit zu transportiren ist und weil dann das Bruttogewicht von 3 Säcken dem von 1 Tonne entspricht.

Erklärungen zu II. Um die Bindezeit eines Cements zu ermitteln, rühre man den reinen Cement mit Wasser zu einem steifen Brei an und bilde auf einer Glas- oder Metallplatte einen etwa 1,5 cm. dicken, nach den Rändern hin dünn auslaufenden Kuchen. Sobald der Kuchen so weit erstarrt ist, dass derselbe einem leichten Druck mit dem Fingernagel oder Spatel widersteht, ist der Cement als abgebunden zu betrachten.

Da das Abbinden von Cement durch die Temperatur der Luft und des zur Verwendung gelangenden Wassers beeinflusst wird, insofern höhere Temperatur dasselbe beschleunigt, niedere Temperatur es dagegen verzögert, so sollten die Versuche, um zu übereinstimmenden Resultaten zu gelangen, bei einer mittleren Temperatur des Wassers und der Luft von etwa 15 bis 18° C. vorgenommen oder, wo dies nicht angängig, die jeweiligen Temperaturverhältnisse immer in Berücksichtigung gezogen werden.

Während des Abbindens darf langsam bindender Cement sich nicht wesentlich erwärmen, wohingegen rasch bindende Cemente eine merkliche Temperaturerhöhung aufweisen können.

Portlandcement wird durch längeres Lagern langsamer bindend und gewinnt bei trockener, zugfreier Aufbewahrung an Bindekraft. Die noch vielfach herrschende Meinung, dass Portlandcement bei längerem Lagern an Qualität verliere, ist daher eine irrige, und es sollten Kontraktsbestimmungen, welche nur frische Waare vorschreiben, in Wegfall kommen.

Erklärungen zu III. Der zur Bestimmung der Bindezeit angefertigte Kuchen wird sammt der Glasplatte unter Wasser gebracht. Bei rasch bindenden Cementen kann dies schon nach $^1/_4$ bis 1 Stunde nach dem Anmachen der Probe geschehen, bei langsam bindenden dagegen darf es, je nach ihrer Bindezeit, erst nach längerer Zeit, bis zu 24 Stunden nach dem Anmachen, stattfinden. Zeigen sich nun nach den ersten Tagen oder nach längerer Beobachtungszeit an den Kanten des Kuchens Verkrümmungen oder Risse, so deutet dies unzweifelhaft „Treiben“ des Cements an, d. h.

es findet, in folge einer allmäligen Lockerung des zuerst gewonnenen Zusammenhangs, unter Volumvermehrung eine beständige Abnahme der Festigkeit statt, welche bis zu gänzlichem Zerfallen des Cements führen kann.

Eine weitere Probe zu gleichem Zweck ist die folgende: Es wird der zu untersuchende Cement mit Wasser zu einem steifen Brei angerührt und damit auf einem Dachziegelstück, welches mit Wasser vollständig getränkt, jedoch äusserlich wieder abgetrocknet ist, ein nach aussen hin dünn auslaufender Kuchen gegossen; je nach der Bindezeit des Cements wird diese Probe, wie oben angedeutet, nach kürzerer oder längerer Zeit unter Wasser gelegt. Wenn der Kuchen weder in den ersten Tagen, noch später sich vom Stein ablöst, noch auch Verkrümmungen oder Risse zeigt, so wird der Cement beim Bau nicht treiben.

Motive und Erklärungen zu IV. Da Cement fast nur mit Sand, in vielen Fällen sogar mit hohem Sandzusatz verarbeitet wird, die Festigkeit eines Mörtels aber um so grösser ist, je feiner der dazu verwendete Cement gemahlen war (weil dann mehr Theile des Cements zur Wirkung kommen), so ist die feine Mahlung des Cements von nicht zu unterschätzendem Werth. Es erscheint daher angezeigt, die Feinheit des Korns durch ein feines Sieb von obiger Maschenweite einheitlich zu kontroliren.

Es wäre indess irrig, wollte man aus der feinen Mahlung allein auf die Bindekraft eines Cements schliessen, da geringe weiche Cemente weit eher sehr fein gemahlen vorkommen, als gute, scharf gebrannte; letztere aber werden selbst bei gröberer Mahlung doch stets eine höhere Bindekraft aufweisen, als die ersteren.

Motive zu V. Da man erfahrungsgemäss aus dem mit reinem Cement gewonnenen Festigkeits-Resultaten nicht einheitlich auf die Bindefähigkeit zu Sand schliessen kann, namentlich wenn es sich um Vergleichung von Cement aus verschiedenen Fabriken handelt, so erscheint es geboten, die Prüfung von Portlandcementen auf Bindekraft mittelst Sandzusatz vorzunehmen.

Obgleich in der Praxis Portlandcement fast nur auf Druckfestigkeit in Anspruch genommen wird, so ist doch, wegen der Kostspieligkeit der bis jetzt bekannten Apparate und der schwierigeren Ausführbarkeit der Proben, von der Prüfung auf Druckfestigkeit Abstand genommen und die weit leichtere und einfachere Prüfung auf Zugfestigkeit gewählt, um so mehr, als die hier empfohlenen Proben vor allem die leicht ausführbare Kontrolirung der Eigenschaften des zum Bau gelieferten Cements bezwecken sollen und die Zugfestigkeit einen hinlänglich sicheren Schluss auf die Druckfestigkeit zulässt.

Um vollständige Einheitlichkeit bei den Prüfungen zu wahren, wird empfohlen, für den Bezug der Normal Formen, Zerreissungs Apparate und der übrigen zur Prüfung erforderlichen Geräthe nur diejenigen Quellen zu benutzen, welche von dem Vorstande des „Deutschen Cement-Fabrikanten

Vereins" nachgewiesen werden; hierzu erfolgen Bekanntmachungen in Fachblättern.

Motive und Erklärungen zu VI. Da verschiedene an und für sich gute Cemente hinsichtlich ihrer Bindekraft zu Sand, worauf es in der Praxis ja vorzugsweise ankommt, sich sehr verschieden verhalten können, so ist insbesondere beim Vergleich mehrerer Cemente eine Prüfung mit hohem Sandzusatz unbedingt erforderlich. Als geeignetes Verhältniss wurde angenommen; 3 Gewichtstheile Sand auf 1 Gewichtstheil Cement, da mit 3 Theilen Sand der Grad der Bindefähigkeit bei verschiedenen Cementen in hinreichendem Masse zum Ausdruck gelangt.

Es ist, um übereinstimmende Resultate zu erhalten, durchaus erforderlich, überall den oben beschriebenen Normal Sand anzuwenden, da die Korngrösse des Sandes auf die Festigkeits-Resultate von grossem Einflusse ist. Der Normal Sand soll rein und trocken verwendet werden und sind lehmige und andere fremdartige Bestandtheile unbedingt vorher durch Auswaschen zu entfernen.

Bei einem bereits geprüften Cemente wird die 7 Tags - Probe sowohl des reinen Cementes als des Cementes mit Sandmischung als Kontrolprobe ein relatives Urtheil über die gleichmässige Güte der Waare gewähren.

Von ganz besonderem Werth würde es sein, wenn da, wo dies zu ermöglichen ist, die Zerreissungs Versuche an vorräthig zu diesem Zweck angefertigten Probekörpern auf Monate und selbst Jahre ausgedehnt würden, um das Verhalten verschiedener Cemente auch bei längerer Erhärtungs-Dauer kennen zu lernen.

Behufs Erzielung übereinstimmender Resultate ist es ferner geboten, alle Probekörper nach deren Anfertigung während 24 Stunden an der Luft liegen zu lassen und sie dann bis zur Prüfung unter Wasser zu legen, weil ein kürzeres oder längeres Liegenlassen an der Luft zu beträchtlichen Differenzen in den Festigkeits-Resultaten führt.

Die Probekörper dürfen, wie in obiger Resolution erwähnt, erst direkt vor der Prüfung dem Wasser entnommen werden, weil ein längeres Verbleiben an der Luft hier ebenfalls zu Schwankungen in den Festigkeitszahlen Veranlassung geben würde.

Bei rasch bindenden Cementen kann die Festigkeit von 10 kg. mit 3 Theilen Sand nicht beansprucht werden, weil sehr rasche Cemente ihrer Natur nach in der Regel so hohe Bindekraft nicht besitzen als langsam bindende Cemente.

Beschreibung der Proben zur Ermittelung der Bindekraft. Da es vor allem darauf ankommt, dass bei Prüfung desselben Cementes an verschiedenen Orten möglichst übereinstimmende Resultate erzielt werden, so mussten bestimmte Normen für eine durchaus gleichmässige Behandlung der Probekörper aufgestellt werden. Nur bei genauer Einhaltung dieser im Nach-

stehenden gegebenen Regeln, wird es möglich sein, zu übereinstimmenden Zahlen zu gelangen:

Man legt auf eine zur Anfertigung der Proben dienende Metall- oder Marmorplatte 5 mit Wasser getränkte Blättchen Fliesspapier und setzt hierauf 5 vorher gut gereinigte und mit Wasser angenetzte Formen. Man wiegt 250 g. Cement und 750 g. trockenen Normal Sand ab und mischt beides in einer Schale gut durcheinander. Hierauf bringt man 100 cbcm. = 100 g. Wasser hinzu und arbeitet die ganze Masse mit einem Spatel so lange durch, bis dieselbe ein gleichmässiges Ansehen zeigt. Man erhält auf diese Weise einen sehr steifen Mörtel, welcher das Aussehen von frisch gegrabener, feuchter Erde hat und sich in der Hand gerade noch ballen lässt. Mit diesem Mörtel werden die Formen auf ein Mal so hoch angefüllt, dass sie stark gewölbt voll werden. Man schlägt nun mittelst eines eisernen Anmach-Spatels (im Gewicht von ca. 150—200 g.) anfangs schwach, dann stärker den überstehenden Mörtel in die Formen so lange ein, bis derselbe elastisch wird und an seiner Oberfläche sich Wasser zeigt. Ein bis zu diesem Moment fortgesetztes Einschlagen ist unbedingt erforderlich. Ein nachträgliches Aufbringen und Einschlagen von Mörtel ist nicht statthaft, weil Probekörper von gleicher Dichtigkeit hergestellt werden sollen. — Man streicht nun das die Form Ueberragende mit einem Messer ab und glättet mit demselben die Oberfläche.

Nachdem die Proben hinreichend erhärtet sind, löst man durch Oeffnen der Schrauben die Formen ab und befreit die Proben von dem noch anhaftenden Fliesspapier.

Um richtige Durchschnittszahlen zu erhalten, sind für jede Prüfung mindestens 10 Probekörper anzufertigen.

Nachdem die Probekörper 24 Stunden an der Luft gelegen haben, werden dieselben unter Wasser gebracht und hat man nur darauf zu achten, dass sie während der ganzen Erhärtungsdauer stets vom Wasser bedeckt bleiben.

Am Tage der Prüfung werden die Proben unmittelbar vor der Prüfung aus dem Wasser genommen und auf dem Apparat sofort zerrissen. Das Mittel aus sämmtlichen 10 Bruchgewichten ergiebt die Festigkeit des geprüften Cementmörtels.

Befinden sich jedoch unter den erhaltenen Zahlen abnorm niedrige, so sind diese, als durch Fehler in der Darstellung der Probekörper verursacht von der Berechnung auszuschliessen.

Anhang. Will man — wie in den Motiven zu VI. erwähnt — schon nach 7 Tagen eine Kontrole an der abgelieferten Waare vornehmen, so kann dies durch eine Vorprobe geschehen, und zwar auf zweierlei Art. Entweder:

a) Mit Sandmischung; jedoch muss dann die Verhältnisszahl der 7 Tagsfestigkeit zur 28 Tagsfestigkeit am betreffenden Cement erst ermittelt

werden, da die Festigkeitsresultate verschiedener Cemente bei der 28 Tagsprobe einander gleich sein können, während sich bei der 7 Tagsprobe noch wesentliche Unterschiede zeigen. Oder:

b) Mit reinem Cement, indem man auch hier das Verhältniss der 7 Tagsfestigkeit des reinen Cement zur 28 Tagsfestigkeit bei 3 Th. Sand an dem betreffenden Cemente ermittelt.

Die 7 Tagsprobe mit Sand ist einfach dadurch auszuführen, dass man nach obiger Vorschrift 10 Probekörper mehr anfertigt und diese nach 7 Tagen schon prüft.

Macht man die 7 Tagsprobe aber mit reinem Cement, so können die Probekörper auf verschiedene Weise hergestellt werden: Entweder auf undurchlässigen Unterlagen (Metall- oder undurchlässigen Steinplatten) oder auf absaugenden Unterlagen (Gyps- oder schwach gebrannten Ziegelplatten). Bei der letzteren Probe erreicht man bedeutend höhere Zugfestigkeiten und es ist bei Vergleichung von Zugfestigkeiten der reinen Cemente sowohl als der Cemente mit Sandmischung stets darauf Rücksicht zu nehmen, ob die betreffenden Probekörper auf die eine oder die andere Weise angefertigt sind.

Bei der Probe auf undurchlässiger Unterlage nimmt man auf 1000 Gewichtstheile Cement 200—275 Gewichtstheile Wasser, je nach der Bindezeit des betreffenden Cementes, arbeitet die Masse gut durch einander, füllt dieselbe in die Formen, welche von der Unterlage durch Blättchen Löschpapier getrennt sind, und rüttelt die Masse durch Schläge mit dem Spachtel gegen die Form derartig zusammen, dass alle Luftblasen entfernt werden und ein zusammenhängender Körper ohne Hohlräume sich bildet. Man streicht hierauf den überschüssigen Mörtel ab und zieht die Form vorsichtig ab. Proben mit dem gleichen Cement müssen hinsichtlich des Wasserzusatzes sowie beim Gusse stets gleich behandelt werden, da jedes Moment, welches auf eine Vergrösserung oder Verringerung der Verdichtung der Masse einwirkt, auch sofort die Festigkeit verändert.

Will man die Probe auf absaugender Unterlage machen, so nehme man auf 1000 Gewichtstheile Cement 330 Gewichtstheile Wasser; der Ueberschuss von Wasser wird hier von der Unterlage aufgesaugt und dadurch eine bedeutende Verdichtung der ganzen Masse herbeigeführt. Selbstverständlich müssen die Unterlagen, um die absaugende Eigenschaft zu behalten, öfter gewechselt und getrocknet werden. Nachdem die Masse in die Form gegossen ist, werden durch Anklopfen an die Form die Luftblasen entfernt. Nachdem die Oberfläche abgestrichen und eine leichte Erstarrung eingetreten ist, kehrt man die Form um, so dass nun auch die obere Seite abgesaugt wird. Die Masse sinkt in folge der Verdichtung in der Form. Man füllt dann von neuem Cement auf, streicht bei beginnender Erstarrung ab und zieht die Form vorsichtig vom Probekörper ab. Haftet hierbei der Cement zu fest an der Form, so klopft man die

Form von allen Seiten leise an, wodurch eine Lösung von den Wandungen bewirkt wird. — Es gehört einige Uebung dazu, um auf diesem Wege zu guten, gleichmässige Festigkeit zeigenden Probekörpern zu gelangen. — Die weitere Behandlung und Prüfung der Probekörper hat dann wie oben beschrieben zu geschehen. —

3. **Grobmörtel oder Beton** (englisch Konkrete). Der Beton besteht aus einem Gemenge von Mörtel mit grösseren Steinen und Grus, das man in verlorenen Formen oder Verschalungen aus Holz, oder in bleibenden, aus Ziegel- und Quadermauern (Futtermauern) bestehenden, erstarren lässt. Die Römer und die Mauren, aber auch die alten deutschen und englischen Baumeister wendeten die Bauart mit Grobmörtel an, und vielfache Bauwerke dieser Art haben sich bis zur heutigen Stunde erhalten; Vitruv und Plinius behandeln vielfach in ihren Werken diese Gemenge, und ersterer giebt besondere Vorschriften nicht allein über die Anfertigung von Füllmauern, sondern giebt auch die Mischungen des Betons an, dessen man sich zur Anfertigung von Estrichen und zum Bau von Hafendämmen zu bedienen pflegte.

Wie in den Ueberresten des Alterthums, so findet man den Beton auch in den Bauwerken des Mittelalters, besonders in den Ueberresten alter Burgen, sowie in den Ringmauern alter Städte in Deutschland, England, Frankreich etc. nicht selten angewendet.

Im Anfange des 18. Jahrhunderts wurde der Beton in Frankreich vielfach zu grossartigen Wasserbauten benutzt[1]).

Nach dieser Zeit war der Beton wieder in Vergessenheit gerathen, bis ihn ein Zufall wieder zu Kredit und sogar in die Mode brachte.

Als die Arbeiter den Grund für einen der Pfeiler der Waterloobrücke in London ausgruben, fanden sie den Grund gerade hier aus einem festen Konglomerat bestehend, während der Grund im übrigen Theile des Flussbettes vollkommen lose war. Nachforschungen ergaben sehr bald, dass an dieser Stelle ein Schiff mit einer Ladung Kalk versunken sei, der sich während des Löschens in einem breiartigen Zustande zwischen die losen Rollsteine gelegt und erhärtend dieselben zu einem Konglomerate verbunden hatte. Diese Wahrnehmung war die Veranlassung zur erneuten Einführung des Konkretes, und es wurde dasselbe fast von allen Architekten nicht allein zu Grundbauten, sondern auch zu Füll- und Futtermauern bei Werft- und Quaibauten, ja zuletzt sogar zu künstlichen Steinen, ganzen Mauern, Gewölben und Häusern verwendet. Sir Robert Smirke war der erste, der in England in umfassendster Weise den Konkretbau einführte (1814); nach ihm besteht das Konkret aus frisch gebranntem und gepulvertem Kalke, der trocken mit Grus und Sand vermengt wird, worauf man erst Wasser hinzufügt und das Ganze so rasch als möglich von zwei Arbeitern

---

[1]) Siehe Band I. S. 399.

in der Nähe des ausgegrabenen Grundes zu einem steifen Brei anrühren lässt, der dann ohne Säumen so rasch als möglich von einem temporären Gerüste und so hoch als möglich in die ausgegrabene Baugrube geworfen wird; was sich durch den Fall nicht festgedrückt hat, wird geebnet und gerammt oder gestampft. Das Gemisch erhitzt sich mässig während des Löschens des Kalkes und beginnt so rasch anzuziehen, dass wenn nur die Masse gehörig geebnet ist, man ohne Gefahr mit dem Mauerwerk auch des grössten Gebäudes beginnen kann. Thomas Cooper, Architekt zu Brighton, hatte den kühnen Gedanken, die ganze Mauer gegen die See an der östlichen Klippe zu Brighton aus Konkret in einzelnen Theilen zu giessen; die Verschalungen waren hierbei 6 m. lang und 1,2 m. hoch, so dass man eine Mauer in successiven Operationen zu Wege brachte, die an manchen Stellen 18 m. hoch, unten 6,75 m., oben 0,75 m. dick war.

Hierauf folgte Ranger, der in zerlegbaren hölzernen Formen Mauersteine und auch grosse Blöcke aus Konkret fabrizirte (siehe künstliche Steine, Bd. I. Seite 399). Zu diesen benutzt man aber besser den im Wasser gelöschten Kalk, indem man einen Sandmörtel bereitet, und in diesen erst den Steingrus einmengt; denn der gepulverte Aetzkalk löscht sich nie vollkommen und gleichmässig, erzeugt auch durch nachträgliches allmäliges Löschen unganze Stellen im Steine. Die eigentlichen Cemente zur Herstellung von künstlichen Steinen und Konkreten zu verwenden, möchte, bestimmte Fälle ausgenommen, zu kostspielig sein. Handelt es sich darum, in kürzester Zeit einen bewohnbaren Raum zu schaffen, so leistet Konkret, aus Cement hergestellt, freilich die überraschendsten Resultate; so sind in England von Medina-Cement-Konkret Häuser, die zu Soldatenwohnungen benutzt wurden, von 12 m. Länge und 6 m. Breite, ohne Zwischenwände im Innern, bei einer Wandstärke von 18 cm. erbaut worden; man verwendete hierzu kleine Steinchen von der Grösse einer Wallnuss, und Medinacement in dem Verhältniss wie 9 : 1; die 18 cm. dicken Wände wurden nachträglich mit Portlandcement 1,5 cm. dick ausser- und innerhalb verputzt; die Bereitung des Cementkonkretes und die Anfertigung der 2,4 m. hohen Mauern, mit Einschluss des Fundamentes, wurde von 6 Arbeitern in 10 Stunden beendigt, und waren die Mauern in zwei Tagen so trocken, dass sie am dritten Tage verputzt werden konnten. Im Sommer des Jahres 1853 wurde im Feldlager zu Boulogne in 7 Tagen ein Pferdestall für 350 Pferde errichtet; die Wände dieser Stallungen hatten nur die Dicke von 12 cm., waren jedoch der Sicherheit wegen durch Holzwerk verspannt.

In gleicher Art erbaute Wohngebäude in der Nähe der königlichen Sommer-Residenz Osborne-House, sind 2 Stock hoch, die Wände des unteren Stockes sind 36 cm., die des oberen Stockes 27 cm. stark und haben sich vollständig bewährt.

In Frankreich war 1829 Lebrun der erste Industrielle, welcher mit

Hülfe von Beton Bauten ausführte; er verwendete dazu 1 Th. durch Eintauchen gelöschten Kalk, 1 Theil reinen scharfen Sand und 2 Th. Kiesgerölle von 8—12 cm. Grösse und stampfte diese Masse in kastenartige, aus Brettern zusammengesetzte Formen, wie man es eben bei den Pisébauten macht; diese Bauweise entsprach aber nicht ganz den Anforderungen; es zeigten sich bei den auf diese Weise ausgeführten Bauten vielfache Risse, die durch das Schwinden der nassen Masse entstanden; um dies zu verhindern, setzte Lebrun seinem Mörtel nur soviel Feuchtigkeit zu, als das Formen der Masse gerade noch erlaubte, trug sie dann in sehr dünnen Schichten auf und komprimirte sie; auf diese Weise kam er darauf, künstliche Steine zu formen, die so täuschend sind, dass man natürliche Steine zu sehen glaubt, und die den Unbilden der Jahreszeiten ebenso wie diese widerstehen. Das neueste Fabrikat nennt Lebrun hydroplastische Steine (das Weitere Förster's Bauzeitung 1865 S. 409).

Sehr anempfohlen wird auch der gegossene und komprimirte Beton von Coignet, der aus einer Mischung von Steinkohlenasche und fettem Kalk besteht; die nur mit wenig Wasser angefeuchtete Masse wird in Holzformen für die zu errichtende Mauer gebracht und festgestampft. In wenigen Monaten erreichen diese Mauern die Härte des Quadersteins; da aber in vielen Gegenden Steinkohlenasche nicht zu haben ist, so hat Coignet zwei Arten von Beton zusammengesetzt, die er ökonomischen Beton und harten und festen Beton nennt; der erste besteht aus 7 Th. Sand, Kies, Kiesel, 3 Th. gewöhnlicher fetter aber nicht gebrannter Thonerde und 1 Th. ungelöschten Kalk; auch kann man nöthigenfalls gewöhnliche reine Erde anwenden, wenn man sie mit einer gewissen Quantität fetten oder hydraulischen Kalkes zerstösst. Nach vorliegenden Berichten soll dieser Beton dem Regen vollständig widerstehen und so hart werden, dass man damit Gebäudemauern aufführen kann, ohne Steine oder Ziegel damit zu verbinden; besonders für Festungsmauern soll ein solches Material geeignet sein, da Kugeln und Bomben an den damit ausgeführten Mauern nicht solche Beschädigungen hervorbringen können, wie bei den aus Stein aufgeführten Werken (!?). Coignet hat zu dem obigen Beton noch eine gewisse Quantität Holzasche hinzugefügt, um die Formation von kieselsaurem und kohlensaurem Kalk (?!) zu veranlassen, der ihn mit der Zeit zu einem künstlichen Stein verwandelt, welcher bei allen Bauten den Quaderstein und den Ziegel, wie den „ökonomischen Beton", den Pisébau und das Bruchsteinmauerwerk ersetzen kann. Coignet's Zusammensetzung des „harten und festen Betons" ist folgende: 8 Th. Sand, Kies und Kiesel, 1 Th. gewöhnliche gebrannte und zerstossene Erde, 1 Th. zerstampfte Steinkohlenasche, 1½ Th. ungelöschten fetten oder hydraulischen Kalk. Diese Ingredienzien werden vollkommen mit einander vermischt, und die daraus entstandene Masse erhält in wenigen Tagen eine ausserordentliche Festigkeit, die noch dadurch erhöht wird, dass man eine kleine Quantität

Cement von Pouilly zusetzt. Auch architektonische Gegenstände lassen sich aus diesem Beton formen, und setzt man demselben Oker oder rothe, weisse und schwarze gebrannte Farben hinzu, so kann man ihm auch verschiedene Farben geben.

Nach Coignet's Aeusserungen ist es offenbar, dass die Möglichkeit, für geringe Kosten ununterbrochene Steine zu bilden, welche so hart sind wie der beste natürliche Stein, dabei wasserdicht, unempfindlich gegen Frost und die Einflüsse der Witterung, für die Kunst zu bauen ein kräftiges Element werden muss, das seinesgleichen bei den gewöhnlichen Mauerungsmethoden nicht hat.

Jede Konstruktion von agglomerirtem Beton, wie auch ihr körperlicher Inhalt, ihre Form, ihre Bestimmung, ihre Lage beschaffen sein möge, sie sei für Wohnungen, Gewölbe, Dächer, Decken, Brücken, Dämme, Wehre, Quais, Chausseen, Trottoirs, Strassenkanäle, Wasserleitungen, Silos und Meeresbauten etc. bestimmt, ist ein wirklicher wasserdichter Monolith ohne Fugen, Risse und ohne Putz.

Zur Unterstützung dieser Behauptung führt er unter anderem auch den Aufsatz de l'Union bretone an, welcher über das Abbrechen einer vor 7 Monaten errichteten provisorischen von Coignet erbauten Brücke berichtet. Diese 45° gegen die Strassenaxe geneigte Brücke hatte eine Spannweite von 6 m. mit einem Pfeil von $^1/_{12}$, die Stärke am Schlussstein betrug 0,15 m.; Widerlager waren nicht vorhanden, und wurden dieselben durch Steinplatten ersetzt, deren Bestimmung es war, den Druck auf eine grössere Fläche zu vertheilen. „Diese Brücke, sagt das obige Blatt, war in weniger als 4 Tagen erbaut worden, und man brauchte 6 oder 7 Tage, um sie abzubrechen. Man hatte nach einander und ohne grossen Erfolg die Spitzhacke, die Steinhacke, den Keil, die Brechstange und den Steinhammer versucht, und man musste endlich seine Zuflucht dazu nehmen, dass man mit der Brechstange zu arbeiten begann, wie wenn man ein Bohrloch machen wollte; nachdem man auf diese Weise über den ganzen Gewölbscheitel eine Art von Einschnitt gemacht, setzte man das Vernichtungswerk fort, indem man durch wiederholte Stösse, wie auf eine schwere Masse, Splitter absprengte, wie bei den Steinhauern, wenn sie gezwungen sind, einen für ihre Instrumente zu harten und zu widerstandsfähigen Stein in Stücke zu zerschlagen. Um endlich die auf den Steinplatten liegenden Theile abzubrechen, musste man mehrere Sprengungen machen."

In Schweden ist der Beton zur Aufführung von Gebäuden seit 1828 vom Baumeister Rydin zuerst angewendet; derselbe nahm 1 Th. Kalk und 5 Th. Sand zur Hälfte feinen, zur Hälfte groben, mit kleinen Stein- und Ziegelstücken; der Kalk wurde dabei zwischen die Brettformen in nicht zu hohen Schichten eingegossen, und dann die kleinen Steine sorgfältig darin verlegt; auf diese Weise wurde eine Schicht nach der anderen

je von einigen Zoll Höhe ausgeführt, bis die ganze Höhe der Mauer erreicht war.

In Deutschland ist die Anwendung des Beton zu Hochbauten seit etwa 24 Jahren im Gebrauch; meistentheils aber hat sich hier für landwirthschaftliche Gebäude der Kalksandziegelbau Einführung verschafft und ist derselbe Band I. Seite 396 besprochen.

Die Hauptverwendung findet der Beton stets bei Fundationen und bei Wasserbauten, und wird dann so zusammengesetzt, dass er hydraulische Eigenschaften besitzt, wozu gegenwärtig die vielfachen Cemente ein schätzbares Material liefern: da der Portlandcement am meisten Sandzuschläge verträgt, so ist dieser vorzugsweise zu Betonirungen zu empfehlen; so wurde in neuester Zeit am Rheine zu Brückenfundationen im Wasser fast durchgehends eine Mischung verwendet von 1 Th. Portlandcement, 2 Th. Sand und 6 Th. Rheinkies; die Erhärtung dieses Betons war in der Regel eine so beschleunigte, dass man nach 2 Tagen die Aufmauerung auf den aus Beton bestehenden Fundationen vornehmen konnte, während eine vollständige Erhärtung fast durchgängig in 12—15 Tagen eintrat; werden Fundationen nicht unmittelbar im Wasser, sondern nur im feuchten Terrain nothwendig, genügt ein Gemenge von 1 Th. Portlandcement und 12 Th. Rheinkies, das freilich zu seiner Erhärtung eine Dauer von 14 Tagen bedarf.

Aeltere Mischungen für Beton, die sich durch die Praxis bewährt haben, und dadurch, dass sie bei bedeutenden Bauwerken Anwendung fanden, so zu sagen geschichtlichen Werth sich erworben haben, sollen hier Platz finden:

Bei der Brücke von Rouen wurden von Gauthey angewendet 19 Th. Kalk, 33 Th. Sand, 33 Th. Kies und 15 Th. Bruchsteingrus;

bei der Brücke von Jena in Paris: 14 Th. Kalk, 7 Th. Hammerschlag, 29 Th. Sand, 50 Th. Bruchsteingrus von Kalksteinen;

beim Hafendamm in Toulon: 21 Th. Kalk, 28 Th. Puzzolanerde, 7 Th. Hammerschlag, 14 Th. Sand, 30 Th. Steingrus;

Béton an der Nydeckbrücke in Bern (1840): 1 Th. Cement (hydraulischer Kalk von Solothurn), 1 Th. scharfer Kiessand, 2 Th. groben Kies;

bei der Nothbrücke von Ladenburg auf der Main-Neckar-Eisenbahn (1845): 3 Th. hydraulischer Kalk, 2 Th. Trass, 9 Th. Sand, 12 Th. Steinschotter;

bei den Docksbauten in England (1848) wurden die stehenden Roste 1,7 m. tief ausgefüllt mit 1 Th. feingemahlenem ungelöschten Kalk, 7 Th. Kiesel und Sand; erst dann, wenn man zum Betoniren schreiten konnte, wurde die vorbereitete Mischung mit Wasser versetzt und sofort verarbeitet; auf diese Weise bildete sich ein Konglomerat von unglaublicher Festigkeit. Ein Fragment, das ungefähr nach 3 Wochen

herausgenommen wurde, war schon so fest, dass es kräftigen Hammerschlägen widerstand;

bei der Brücke über die Warthe (1850) auf der Stargard-Posener Eisenbahn: 1 Th. hydraulischer Mergelkalk, 1 Th. Trass, 1 Th. Ziegelmehl mit Zuschlag von Bruchstücken scharf gebrannter Klinker. Bei diesem Beton trat nach 24—26 Stunden schon Erhärtung ein;

bei der Schwimmschule in Karlsruhe (1850): 3 Th. hydraulischer Kalk, 1 Th. Trass, 12 Th. reiner Sand, 15 Th. zerschlagene Steine und zwar 12 Th. Kalksteine und 3 Th. Ziegelsteinbrocken, zusammen 31 Theile. Hierbei wurde zuerst der Kalk unter einer Sanddecke gelöscht, mit Wasser zum Mörtel verrührt, dann der Trass eingemischt und zuletzt die Steinbrocken zugesetzt, hierbei gaben die 31 Bestandtheile 28,5 Betonmasse wegen der unvermeidlichen Abspülung aber nur 20 Th. erhärteten Beton; in 14—20 Tagen erhärtete die Masse, so dass die Aufmauerung vorgenommen werden konnte;

beim Weser-Uebergang der Köln-Mindener Eisenbahn (1851) zu 1 Schachtruthe = 144 Kubikfuss (4,4519 Kubm.) waren erforderlich: 130 Kubikfuss (4,017 Kubm.) zerkleinerte Steine von 15—45 Kubcm. Grösse, 40 Kubikfuss (1,203 Kubm.) Kalk, 30 Kubikfuss (0,927 Kubm.) Cement, 10 Kubikfuss (0,30 Kubm.) gebrannter Thon, 60 Kubikfuss (1,854 Kubm.) Sand = 270 Kubikfuss (8,343 Kubm.) Bestandtheile gaben 144 Kubikfuss (4,4519 Kubm.) erhärteten Beton; dieser Beton wurde nach sorgfältiger Bereitung mittelst Senkkasten an Handwellen niedergelassen und in Schichten von 0,30—0,45 m. geschüttet und festgestampft. Der gebrannte Thon fand sich nach dem Auspumpen des Wassers grösstentheils mit einem Theile Kalk vermischt, als breiartiger Schlick auf dem festen Beton, und wurde mit Leichtigkeit entfernt. Da derselbe zu einem günstigen Resultate der Schüttung nicht beigetragen hatte, wurde er bei spätern Betonmischungen ganz fortgelassen;

beim Viadukt von Schildesche auf der Köln-Mindner Eisenbahn (1852): auf 1 Schachtruthe = 144 Kubikfuss (4,4519 Kubm.) wurden benöthigt 128 Kubikfuss (3,955 Kubm.) verkleinerte Bruchsteine, 14½ Kubikfuss (0,448 Kubm.) magerer Kalk, 18 Kubikfuss (0,556 Kubm.) Trass, 34 Kubikfuss (1,050 Kubm.) reiner scharfer Mauersand = 194½ Kubikfuss (6,010 Kubm.) Bestandtheile = 144 Kubikfuss (4,4519 Kubm.) Masse.

An der Eisenbahnbrücke über die Isar bei Grossheselohe wurde viel Beton verarbeitet (1854) und zwar mischte man denselben aus bayerischem Cement und Gries, wie man denselben in den Kiesbänken des Isarthales, und der aus Sand und Kies ungefähr im Verhältniss von 2 : 4 besteht, vorfindet. Dabei wurde zuerst das Cementmehl in gewöhnlichen Mörtelpfannen mit Zugabe von Wasser verarbeitet und nach und nach 5 und 7 Th. Gries zugeschüttet und die Masse ohne weitere Wasserzugabe

3—4 mal mit der Schaufel durcheinander gearbeitet, „umgeschlagen“. Das Verhältniss von 1 Th. Cement und 5 Th. Gries wurde beobachtet für solchen Beton, welcher mit Versenkkästen in grössere Tiefen kam und dabei immer einen Theil des Cements durch Auswaschen beim Versenken verlor; das Verhältniss von 1 zu 7 aber an den Fundamenten der Flügel, wo nur wenig ausgespült werden konnte.

Der Beton ward theilweise mittelst beweglicher trichterförmiger Kästen, im Mittel 1,5 m. unter Wasser versenkt. Der Trichter bestand aus einem 3,3 m. hohen, oben und unten offenen, aus Holz konstruirten Kasten, wovon zwei Seitenwände ihren Abstand von 1,65 m. auf die ganze Höhe beibehielten, die zwei anderen aber sich von 1,5 m. oberen Abstand, nach unten bis auf 0,60 m. einander näherten. Der Beton konnte daher unten auf 1,65 m. Länge und 0,60 m. Breite ausströmen, wobei er durch eine nachfolgende an der Langseite des Kastens unten befestigte Rolle von Holz abgeglichen und geebnet wurde.

Dieser Kasten hing oben in einem einfachen Wagengestell mit 2 Axen und 4 kleinen eisernen Rädern, die auf einem Schienengeleise liefen und die Bewegung des Trichters nach einer Richtung, nämlich nach der Breite der Flügelfundamente ermöglichten. Dies Geleise war wiederum zwischen einem grösseren Wagen angebracht, der, über die ganze 10,2 m. breite Baugrube reichend, die Zufuhrwege zum Kasten trug und mit 2 grösseren Rädern auf einem zweiten Geleise lief, das auf den Holmen der die Langseite der Baugrube umgebenden Spundwand angebracht war. Dieser Wagen, welcher sammt dem Geleise und der Spundwand später auch zum Versetzen der Quadern als Rahmenwagen gebraucht wurde, vermittelte die Bewegung des Kastens nach der anderen Richtung.

Es wurde nun der Kasten bis 0,90 m. über Wasser gefüllt, und dann der Wagen, worin er so hing, dass die unten angebrachten Rollen 0,60 m. über der Bodenfläche blieben, langsam in Bewegung gesetzt; diese Bewegung geschah zuerst nach der Quere der Flügel an einem Ende derselben. War der Trichter an der anderen Seite der Spundwand angelangt und hatte einen 1,5 m. breiten und 0,60 m. hohen Betonstreifen gebildet, so wurde der grosse Wagen um 1,5 m. vorwärts gerückt und dann der Trichter wieder auf die erste Seite der Spundwand gezogen, wobei sich der zweite, 1,5 m. breite Streifen neben dem ersten legte, und so ging es fort bis an's andere Ende des Flügels. Die obere Lage des starken Betonfundamentes wurde so aufgetragen, dass deren einzelne Streifen die unteren kreuzten. Es blieb dabei der kleine Wagen mit dem nun nach der breiten Seite eingehängten und 0,7 m. höher gestellten Trichter stehen, und wurde der grosse Wagen vorwärts gezogen. So bildete sich auf die ganze Länge der Flügel wieder ein 1,5 m. breiter Streifen worauf sodann der Trichter um 1,5 m. vorwärts geschoben wurde, und der grosse Wagen den Weg zurück machte u. s. w.

Die Steigerung in den Preisen der Steinmaterialien einerseits und die mehr sich ausbreitende Fabrikation guter Cemente andererseits haben in neuester Zeit dem Hausbau aus Beton eine grössere Bedeutung verschafft, und man findet in folge dessen fast überall da, wo die Cementfabrikation in grösserem Massstabe betrieben wird, den Betonbau nicht blos für untergeordnete Bauwerke, sondern selbst für wichtige und grössere Bauten angewendet.

Zum Betoniren unter Wasser oder bei Wasserandrang werden rasch- oder mittelbindende Cemente den langsam bindenden vorzuziehen sein.

Bei der Bereitung des Betons werden prinzipiell die grösseren Steinstücke, der Kies und der Sand in einem solchen Verhältniss gewählt, dass nicht unnöthig viele und grosse Hohlräume entstehen, die zu ihrer Ausfüllung eine übermässig grosse Menge Cement benöthigen; das richtige Verhältniss zwischen Cement und den anderweitigen Betonmaterialien lässt sich, wie dies auf S. 264 erörtert wurde, ermitteln; die folgenden Michungsverhältnisse aus Rheinkies zwischen 5 bis 30 mm. Korngrösse und abgesiebten Rheinsand (durch ein Sieb von 4 mm. Maschenweite) zusammengesetzt, werden beispielsweise vollständig satt ausgefüllte Betonmassen bilden:

Mischungsverhältniss in Hektolitern

Cement	Sand	Kies
1	2	5
1	3	6½
1	4	8½
1	6	12

Um die vorstehenden Betonmischungen in bezug auf ihre Leistungsfähigkeit prüfen zu können, wurden aus denselben Würfel von 10 cm. Seite eingestampft und auf ihre Festigkeit untersucht; hierbei ergaben sich folgende Resultate:

Mischungsverhältnisse in Volumtheilen				Druckfestigkeit in K. p. qcm.
Cement	Kalkteig	Sand	Kies	
1	—	2	—	151,8
1	—	2	3	196,2
1	—	2	5	170,5
1	—	—	5	69,9
1	—	3	—	98,8
1	—	3	5	111,6
1	—	3	6½	108,2
1	—	4	—	75,2
1	—	4	5	90,2
1	—	4	8½	86,0
1	—	6	—	53,5
1	1	6	12	52,1 [1]).

[1]) Zum Vergleich wurden reine Cementmörtel und solche mit Kalkbrei gemischten mit

Aus diesen Resultaten geht hervor:

Die Festigkeit eines Betons wird wesentlich beeinträchtigt, wenn man, wie dies häufig geschieht, reinen Cement mit starkem Kieszusatz verarbeitet, anstatt demselben den entsprechenden Sandzusatz beizufügen.

Ein Beton, welcher aus Cementmörtel und Kies in ökonomisch richtigstem Verhältniss zusammengesetzt ist, hat nahezu die gleiche Festigkeit wie der Cementmörtel für sich, wenn beide eingestampft werden.

Eine Verminderung des Kieszusatzes unter das oben angegebene Mischungsverhältniss ist unökonomisch, da die Festigkeit dadurch wenig gesteigert wird, während die Kosten des Betons sich beträchtlich höher stellen. Schlagend zeigt sich dies bei dem Mörtel 1 : 4, welcher mit 8½ Theilen Kies nahezu die gleiche Festigkeit (86,0) ergiebt, wie mit 5 Theilen Kies (90,2).

Da man bei Kies mit 35 pCt. Hohlräumen dem Cement mindestens doppelt so viel Kies als Sand zusetzen kann, so lässt sich für die Praxis — wenn man Kies verwendet, der annähernd gleiche Hohlräume enthält — die Regel aufstellen, dass man auf 1 Th. Cement doppelt so viel Kies als Sand zuzusetzen hat, wenn man mit einem gegebenen Mörtel vortheilhaft betoniren will. Die Festigkeit des Betons wird dann dieselbe sein, wie die des angewendeten Mörtels allein, vorausgesetzt, dass beide eingestampft werden.

Weitere Versuche mit Zuziehung von Zuschlagmaterialien, wie sie in der Praxis zur Verwendung kommen, beispielsweise mit geschlagenen Steinen in der Grösse von Chausseeschotter wurden unternommen; die Hohlräume dieser letzteren betrugen nahezu 50 pCt. und stellte sich dementsprechend bei der Anfertigung von Beton der Zusatz an geschlagenen Steinen geringer als bei Kies. Um der Praxis so nahe wie möglich zu kommen, wurden für sämmtliche hier folgenden Versuche aus grossen Betonblöcken nach 7 monatlicher Erhärtung im Freien Würfel von 20 cm. Seitenlänge gesägt und diese im nassen Zustande auf Druck geprüft; bei den folgenden Angaben ist auch die Ausbeute mit berücksichtigt, die sich beim Vermengen der verschiedenen Betonmaterialien heraustellte. Seite 364 enthält die bezügl. Versuchsresultate.

Zur Erzeugung des Konkrets verwendet man in England Mischungen aus Portlandcement mit Steinbrocken oder Kies, Schlacke, Kohlenasche, Sand etc., wie solche eben am wohlfeilsten in der Nähe der Baustelle zu haben sind.

Bei der praktischen Ausführung geht man wohl derart zu Werke, dass man einen flüssigen Cementmörtel herstellt, diesen in die Formkästen einschüttet, und hierauf die Steinbrocken lagenweise in den Mörtel ein-

---

untersucht; der zu den Versuchen verwendete Cement hatte nach der Normenprobe 16,3 k. Bindekraft, bei 1 Stunde Bindezeit. Die Probewürfel erhärteten 1 Tag an der Luft und 27 Tage im Wasser.

Mischungsverhältniss in Hektolitern.			Ausbeute. hl.	Zu 1 kbm. eingestampften Beton waren erforderlich k. Cement.	Druckfestigk. k. p. qcm.
Cement.	Sand.	Kies.			
1	3	6	6,65	210	140,0
1	4	8	8,85	158	121,2
1	5	10	11,25	125	94,1
1 und 1 Kalkbr.	6	12	13,45	104 und 75 l. Kalkbr.	96,8
	Kiessand	geschl. Steine			
1	5	8 Basalt.	9,80	142,5	147,9
1	6	10 Kalkst.	11,45	122,0	121,0
1	7	11 Sandst.	12,55	112,0	83,0
1 und 1 Kalkbr.	8	13 Sandst.	14,80	94 und 66 l. Kalkbr.	91,2[1])

drückt; so verwendet man in England zur Bildung der Konkretmasse: 1 Th. Cement, 7 Th. Meersand und als „Packung" 6 Th. Abfälle von Bruchsteinen; Mischungsverhältniss 1 : 13; oder 1 Th. Cement, 7 Th. Kohlenasche ohne Packung; Mischungsverhältniss wie 1 : 7; oder 1 Th. Cement, 7 Th. feingesiebte Schlacken und als Packung 4 Th. grobe Schlacke; Mischungsverhältniss 1 : 11; oder 1 Th. Cement, 7 Th. Kies ohne Packung; Mischungsverhältniss 1 : 7; oder 1 Th. Cement, 8 Th. Kies und als Packung 4 Th. gröbere Steine; Mischungsverhältniss; 1 : 12; oder 1 Th. Cement, 7 Th. Flusssand und als Packung 3½ Th. Ziegelbruchstücke; Mischungsverhältniss 1 : 10½.

Wird die Konkretmasse, ehe sie in die Formkästen gebracht wird, fertig hergestellt, so geschieht dies entweder durch Handarbeit oder durch Mischmaschine, wobei der verwendete Kies die Grösse eines Hühnereies nicht übersteigen sollte; gröberes Material ist nur als Packung anzuwenden. Die Ausführung der Wände erfolgt in England in ähnlicher Weise, wie es beim Pisébau üblich ist, und bestehen die in Anwendung kommenden Formen aus zwei Brettern von etwa 60 cm. Höhe, die durch Klammern in der erforderlichen Distanz auseinandergehalten werden.

Bei der allgemeinen Einführung des Konkretbaues konstruirt man die Formkästen und deren Zubehör aus Eisen; hat die eingeschüttete Konkretmasse hinreichende Festigkeit erlangt, und dies geschieht in etwa 24 Stunden, so werden die eisernen Formplatten an vertikal aufgestellten Ständern hinaufgeschoben und in ihrer Stellung durch Schrauben festge-

[1]) Der Sand war Rheinsand durch ein Sieb von 5 mm. Maschenweite abgesiebt; der Kies war Rheinkies von 5 bis 45 mm. Korngrösse. Der Kiessand bestand aus gleichen Theilen Sand und Kies bis zu 18 mm. Korngrösse. Diese, für die Praxis so wichtigen Versuche wurden von R. Dyckerhoff angestellt und sind näher besprochen im Notizblatt des deutschen Vereins für Fabrikation von Ziegeln etc. 1880.

halten, wodurch ein weiterer Raum von 60 cm. Höhe zur Aufnahme einer neuen Konkretschichte gebildet wird. Für die am Gebäude vorkommenden Ecken werden besondere Winkelplatten angewendet, während Fenster- und Thüröffnungen ebenfalls mittelst eigener einsetzbarer Formen, die mit den Formplatten der Mauer fest und genau verbindbar sind, hergestellt werden.

Die Benutzung solcher eisernen Rüstung gestattet ein schnelleres und präziseres Bauen, und sind die Formplatten auf ihrer inneren Seite glasirt, so liefern sie eine durchaus glatte Wandfläche; auch ökonomischerseits sind sie den Holzrüstungen entschieden vorzuziehen, deren Bretter, Pfosten und Spannhölzer sich stark verwerfen und meistentheils nur einmal mit Vortheil verwendet werden können.

In England sind mit solchen eisernen Apparaten Häuser mit 5 Geschossen ausgeführt worden, deren Aussenwände unten 54 cm. stark angelegt wurden, dann aber auf 39 cm. und 27 cm. abnahmen.

Aber nicht blos die Mauern werden in London aus Konkret gemacht, sondern auch die Kellergewölbe, die Zimmerdecken und das Dach; zur Herstellung dieser Bautheile werden ebenfalls nur gut unterstützte Holzrüstungen angewendet und auf diese die Konkretmasse aufgetragen und geebnet; ist die Masse dann genügend erhärtet, so wird die Rüstung wieder entfernt; die äussere Dachfläche wird wohl durch Dachpappe oder ein anderes Deckmaterial geschützt.

Der Betonbau hat in neuester Zeit auch in Deutschland eine grössere Verwendung gefunden, so wurden in Würtemberg von Leube's Romancementen eine grössere Anzahl von Bahngebäuden hergestellt, in Salzburg und Reichenhall sind mehrere grössere Wohngebäude und stattliche Villen in demselben Material erbaut, und auch in der Umgegend Berlins hat der Beton eine ausgedehnte Benutzung zum Häuserbau gefunden; für den Betrieb dieser Bauweise bildete sich eine Berliner Cementbau-Aktiengesellschaft, welche im Jahre 1872 zu Rummelsburg bei Berlin an der niederschlesisch-märkischen Bahn eine grössere Anzahl von Häusern aus Beton erbaut hat; hier verwendete man ein Gemenge von 1 Karre Sand, 1 Karre Schlacken, ¼ Tonne Cement und einige Spaten Weisskalk.

Unter Aschenstampfbau oder Cendrinbau wird von Dr. Küchenmeister und C. Berndt in Sachsen eine billige Bauweise empfohlen, die vorherrschend aus einem Gemisch von 5 Th. Steinkohlenasche und 1 Th. Staubkalk besteht, und die in Deuben bei Dresden durch Herstellung von Fabrik-Bauten mit überraschend guten Erfolgen sich bewährt hat; noch billiger wird die Masse, wenn man ausgewitterte Steinkohlenasche mit Strassenschmand (resp. Koth) im Verhältniss wie 3 : 1 mengt und als Bindemittel hydraulischen oder gewöhnlichen Luftkalk zusetzt; letzterer muss aber sorgfältig zu Staub zerfallen sein.

Die Materialien werden trocken gemengt, dann angefeuchtet und so

lange durchgeschaufelt, bis sie anfangen, plastisch zu werden und sich „ballen“ lassen.

Zur Herstellung von Gewölben benutzt man aus Cendrinmasse gestampfte Ziegel, die selbstverständlich durch Einlegen in eine Wasserglaslösung grössere Widerstandskraft erlangen[1]).

4. **Gypsmörtel** (Geschichtliches): Herodot (liber III. cap. 24) erzählt von den langlebenden Aethiopiern, welche Lybien nach dem südlichen Meer zu bewohnen, dass sie ihre Leichname, nachdem sie dieselben ausgetrocknet haben, durchaus übergypsen und schön anmalen, damit sie womöglich das alte Aussehen erhalten. Darauf stellen sie den so hergerichteten Körper des Verstorbenen in eine hohle Säule, die von Krystall gemacht ist, der von ihnen in bester Art in Menge gegraben wird. Der Leichnam ist nun rundum durch die Säule sichtbar, ohne einen unangenehmen Geruch zu verursachen, noch sonst irgend etwas Missfälliges und zeigt die ganze Gestalt des Todten; diese Säule haben die nächsten Angehörigen ein Jahr lang in ihrem Hause, wo sie ihm Opfer bringen. Nach diesem tragen sie ihn hinaus und stellen ihn vor der Stadt auf.

Vitruv bespricht im VII. Buch 3. Kap. den Gewölbeputz und sagt am Schluss: „sobald das Gewölbe polirt ist, so ist ein Gesims darunter hinzuziehen, dieses muss aber äusserst dünn und subtil sein und darf kein Gyps dazu genommen, sondern es muss durchaus aus durchgesiebtem Marmor verfertigt werden, weil sonst die ganze Masse nicht gleichmässig trocknen kann, da der Gyps sehr früh trocken wird;“ die vorstehenden Stuckarbeiten hiessen bei den Römern Opus albarium und Coronarium, und wurde beides wohl auch bemalt und auch vergoldet.

Plinius sagt im XXXVII. Buche, 24. Kap.: „Verwandt mit dem Kalke ist der Gyps; auch davon giebt es mehrere Sorten. In Syrien und Thurien brennt man ihn aus Steinen, auf Kypros aber und in Perrhaebia gräbt man ihn aus der Erde; der Tymphaische endlich liegt an der Oberfläche. Der Stein, welchen man brennen will, muss dem Alabastrites ähnlich oder marmorartig sein. In Syrien wählt man dazu die härtesten Steine und glüht sie in Rindermist, damit sie um so schneller durchbrennen. Aus Erfahrung aber weiss man, dass der Spiegelstein (lapis specularis, Fraueneis), und jeder Stein, der ähnliche Schuppen hat, den besten Gyps giebt. Wenn er befeuchtet ist, muss man ihn gleich verwenden, weil er sehr schnell fest und trocken wird. Am liebsten nimmt man den Gyps zum Weissen, zum Stuck und zum Gesims der Gebäude“.

Nachdem diese Kunst, in Gyps zu arbeiten, in Vergessenheit gerathen war, soll sie zuerst von Margaritone um das Jahr 1300 in Italien wieder aufgefunden worden sein; vervollkommnet ward sie namentlich durch den

---

[1]) Näheres: Küchenmeister, der Aschenstampfbau und die Wohnungsnoth; C. Berndt und A. Gebhardt, der Aschen- und Erdstampfbau (1873).

Maler Nani von Undine zur Zeit Raphaels, wie die vielen herrlichen Stuckarbeiten an den Logen des Vatikans dies nachweisen.

In der Mitte des 17. Jahrhunderts war der Gyps in Deutschland wohl bekannt und wurde für gewöhnliche Arbeiten benutzt, aber Stuckarbeiten kannte man wenig mehr als dem Namen nach. Einer der ältesten deutschen Schriftsteller über Architektur, der sein Werk in lateinischer Sprache geschrieben hat, und welches das Feld der ganzen Civilbaukunde umfasst, Nikolaus Goldmann sagt über den Gyps: „In Frankreich, besonders in Paris, wird gemeiniglich Gyps vor Kalk verbrauchet, welcher überflüssig an der Wurtzel des Berges, Montmartre genandt, gefunden wird, und zwar in Feuersnoth kann der Gyps gepriesen werden, aber die Nässe mag er übel vertragen, also könnte man ihn zum Bewerfen und Tünchen inwendig in den Zimmern wohl gebrauchen, aber auswendig am Regen dient er nicht: derohalben pflegen sie viel die Gewölber und wohl platte Decken damit zu übertünchen und schöne Formen darauf zu erheben. Man machet auch kleine Bildlein herauss, und heissen diejenigen Gipsgiesser, welche derogleichen Werk bereiten. In Italien machen sie einen schönen Zeug, welchen sie Stucco nennen und wird aus Marmelsteinernen Abgängen, welche mit eisernen Stempffeln zerstampffet werden, und zu einem kleinen Mehlpulver gemacht sein, bereitet; wird fleissig gesiebt und mit dem feinsten Kalke in der Mulde zum Teige gemacht. Es soll noch schöner aussehen, wann man anstatt des Marmels Kieselsteine aus den Bächen brauchet, und muss man die Weissesten und Durchsichtigsten auslesen, und davon 2 Theile mit 1 Theil Kalckes vermischen, dero Teig wird viel glänzender und funckelnder."

Man sieht aus dem Vorstehenden, dass der deutsche Vitruv, so wurde Goldmann von seinen Zeitgenossen genannt, mehr vom Hörensagen das wirkliche Wesen des Stucks kannte. Ein französischer Schriftsteller, d'Avilier, Zeitgenosse Goldmann's, ist schon mehr unterrichtet über diesen Gegenstand, aber auch aus ihm geht hervor, dass die wirkliche Aufnahme der Stuckarbeiten in Frankreich und Deutschland erst in den Anfang des 18. Jahrhunderts zu setzen ist, wo dann aber auch der Gyps, in der Roccocozeit nämlich, eine ganz überwältigende Rolle übernahm!

Der Gyps ist ein ziemlich weit verbreitetes Gestein, krystallisirt und blätterig, faserig, körnig und dicht und selbst erdig auftretend (siehe die in der Natur vorkommenden Gesteine und Erden, Bd. I. S. 79): Gyps ist schwefelsaurer Kalk (schwefels. Calciumoxyd) und besteht aus 32,56 Kalk, 46,51 Schwefelsäure, 20,93 Wasser. Das spez. Gewicht ist 1,87 bis 2,96 und ein Kubikmeter Gypsstein wiegt 1870—2960 Kilogr.

Gyps löst sich bei 14° C. in 445 Theilen Wasser, bei 20,5° C. in 420 Theilen Wasser auf und verliert beim Erhitzen von 100—120° etwa 18 Prozent seines Krystallwassers sehr schnell, während der letzte Antheil

bei dieser Temperatur sehr langsam, schnell dagegen bei 200° C. entweicht; in der Rothglühhitze schmilzt der entwässerte Gyps ohne Zersetzung und nimmt beim Erstarren die krystallinische Struktur des Anhydrits an. Mit Kohle geglüht verwandelt sich Gyps auf seiner Oberfläche in Schwefelcalcium.

Wird der bei mässig hoher Temperatur entwässerte Gyps mit Wasser zu einem Brei angerührt, so werden 2 Aequivalente Wasser gebunden, und der Gyps erhärtet unter geringer Vergrösserung seines Volumens zu einer festen Masse. Hierbei findet eine mässige Wärmeentwickelung statt in folge des Uebergangs des Wassers in den festen Zustand. Der gebrannte Gyps zieht auch bei gewöhnlicher Temperatur und in feuchter Luft allmälig wieder Wasser an und wird krystallinisch. War er aber zu stark erhitzt, so verliert er seine Verwandtschaft zum Wasser, man sagt dann — er ist todt gebrannt, d. h. er hat die Fähigkeit verloren in gepulvertem Zustande mit Wasser angerührt, sofort einen erhärteten Brei zu bilden; nach einiger Zeit aber erwacht er, wie die Untersuchungen von Fr. Schott gezeigt haben, zu neuem Leben und giebt mit Wasser eine langsam erhärtende Masse; es erlangt also der Gyps in der Glühhitze bis 400 bis 500° hydraulische Eigenschaften[1]).

Das Erstarren des Gypses mit Wasser und seine dann zunehmende Festigkeit hat grösstentheils ihren Grund darin, dass sich bei der Behandlung des Gypses mit Wasser etwas Kalksulfat löst, die gesättigte Lösung von dem anfangs porösen Hydrat aufgesogen wird und während des Trocknens nach allen Seiten hin aus der Lösung die Krystalle abgesetzt werden, welche das Gewebe verdichten und befestigen. Ungebrannter gepulverter Gyps erhärtet in wässrigen Lösungen von Kaliumsulfat, Kaliumkarbonat etc. schneller als gebrannter Gyps und reines Wasser; bei Anwendung von Kaliumbitartrat findet die Erhärtung sofort statt, und bildet sich ein Gemenge von Weinstein- und Gypskrystallen. Längere Zeit abgelagerter Gyps, welcher durch Wasseranziehung nicht mehr gut erhärtet, oder ein zu wenig gebrannter Gyps erhärtet durch Pottaschenlösung vollständig.

Gyps wird ungebrannt für verschiedene Zwecke gepulvert, so verwendet man den gemeinen Gyps zum Düngen, besonders für den Klee, Esparsette, Luzern, Hülsenfrüchte, Raps und Rüben; den feineren Gyps aber zur Herstellung von Stucco lustro (siehe Band I. Seite 405) auch wohl als Zusätze zu feinen weissen Kitten; ganz fein gemahlen und geschlämmt kommen geeignete Gypspräparate, die absichtlich völlig todtgebrannt sind, unter dem Namen Annaline in den Handel und werden hauptsächlich in der Papierfabrikation verwendet.

In neuerer Zeit wird ungebrannter Gyps mit Kohle oder wirksamer mit schwefelsaurem Eisenoxyd, schwefelsaurem Eisenoxydul und etwas freier

---

[1]) Siehe Scotts Selenitmörtel S. 304.

Schwefelsäure vermengt und bildet dann ein vorzügliches Desinfektionsmittel[1]).

In viel grösserer Menge findet der Gyps in gebranntem Zustande Anwendung. Er wird bei 200° C. schnell wasserfrei und heisst dann gebrannter Gyps, auch wohl Gypskalk.

Beim Brennen des Gypses kommt es darauf an, die ganze Masse so stark zu erhitzen, dass das Wasser vollständig ausgetrieben wird, während man andererseits darauf zu achten hat, dass die Temperatur nicht zu hoch steigt, weil der Gyps sonst todt gebrannt werden würde. Nach dem ältesten und rohesten Verfahren geschieht das Brennen des Gypses in Meilern oder in Haufen mit Holz, indem man die grössten Stücke Gypssteine zu einer Feuergasse zusammenstellt, die kleineren aber daneben oder darüber schüttet und mit Holz feuert. An anderen Orten, namentlich auch noch vielfach am Harz, baut man die Gypsgrubenöfen an einen Bergabhang; sie haben in der Regel nur drei Mauern von nahezu 3,6 m. Höhe, 9,0 m. Breite und 6,0 m. Tiefe und sind nach oben sich etwas erweiternd offen. An der Vordermauer sind 2 oder 3 Schürlöcher und von jedem derselben werden gegen die Rückwand hin überwölbte Schürgassen von den mit zu brennenden grossen Gypssteinen, welche man locker und mit erforderlichen Zwischenräumen aufstellt, angelegt. Darüber werden kleinere Gypssteine mit Tannenholz geschichtet und oben mit Gypsschutt und Gerölle gedeckt.

Diese Brennmethode hat aber viele Nachtheile im Gefolge, so dass sie in keiner Weise zu empfehlen ist; sie ist keineswegs Holz ersparend, es wird viel Gyps in Schwefelcalcium umgewandelt, und während ein grosser Theil sich todtbrennt, ist ein anderer nicht gar gebrannt.

Man bedient sich daher zum Gypsbrennen im Grossen und besonders für ordinäre Waare eigener konstruirter Oefen, die ihrem ganzen Wesen nach den gewöhnlichen Kalköfen gleichen; für feinere Gypssorten zu Stuckaturarbeiten und zum Abformen verwendet man zum Brennen des Gypses am liebsten Flach- oder Backöfen, wie sie zum Brodbacken dienen; hierbei zerschlägt man den rohen Gyps in Stücke, etwa von der Grösse eines Taubeneies, heitzt den Ofen an, zieht die Kohlen heraus und beschickt ihn mit dem zerschlagenen Gyps. Zeigt eine herausgenommene Probe, dass in der Mitte eines Stückes in der weissen Masse nur noch einige krystallinische Punkte von ungebranntem Gyps sich zeigen, so hält man das Brennen für beendigt, und der Gyps wird mit einem Rechen herausgezogen. Ein Todtbrennen ist bei diesen Oefen nicht zu befürchten, man kann aber der Reinlichkeit wegen nur Holz als Brennmaterial benutzen, und es fehlen alle Mittel, den Gang des Brennens im Ofen zu

[1]) Desinfektionspulver von Lüder und Leidloff in Dresden.

verfolgen, und das Feuern und Abkühlen erheischen bedeutenden Zeitaufwand.

Diese Flachöfen zum Brennen des Gypses sind in der Weise verbessert worden, dass für sie eine eigene Rostfeuerung eingerichtet ist,

Fig. 348.

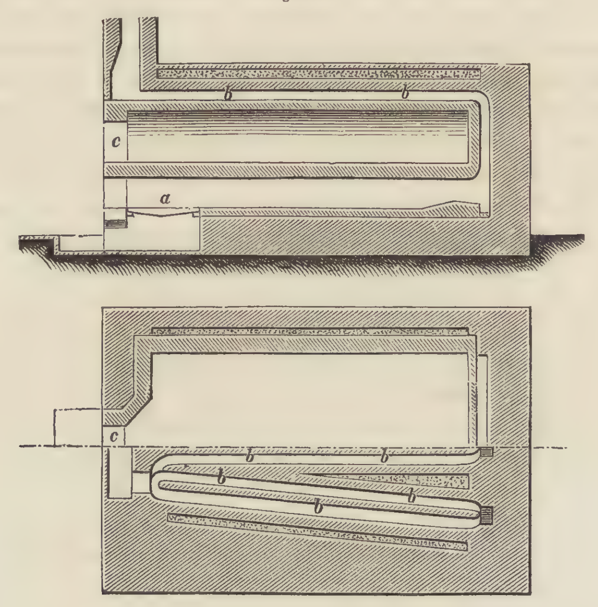


Fig. 349.



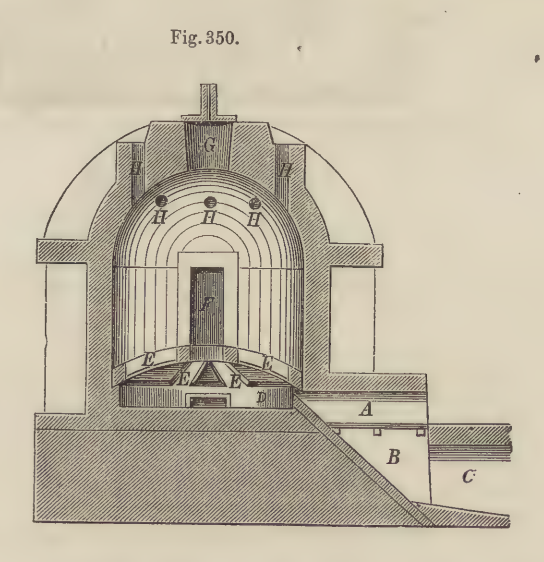
so dass der Ofen nicht jedesmal vor dem Einbringen des Gypses von dem Brennmaterial zu reinigen ist; solch' ein verbesserter Gypsofen ist in Figur 348 dargestellt; bei a befindet sich die Rostfeuerung, und bestreicht

das Feuer zuerst die Sohle des Ofenherdes, dann steigt es auf nach der Decke und vertheilt sich hier durch hin- und herlaufende gemauerte Feuerzüge b, endlich treten die Verbrennungsgase in den Schornstein ein; bei solcher Ofenanlage findet eine ziemlich vollständige Ausnutzung des Brennmaterials statt, und kann der Gypsofen unabhängig von der Feuerung gefüllt und entleert werden. Der innere Ofenraum hat eine Höhe von nahezu 65 cm.; die Eintragsöffnung c wird während des Brandes zugemauert; der Ofen fasst 50 Zentner Gypssteine und erfordert eine Betriebszeit von einem Tag und einer Nacht.

Die am häufigsten angewendeten Gypsöfen sind, wie Figur 349 dies erkennen lässt, mit einem flachen Gewölbe überspannt, das durch mehrfache Zugöffnungen a durchbrochen ist; an der Sohle des Ofens befinden sich von zwei Seiten zugänglich, die von rohen Gypssteinen hergestellten Schürgassen c, über welche nachher der zu brennende Gyps durch die Beschickungsöffnung b aufgeschüttet wird, letztere ist während des Brandes vermauert.

Der Gypsbrennofen von Scanegatty (Figur 350) ist so eingerichtet, dass der zu brennende Gyps nur in geringem Grade mit der Flamme des

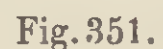
Fig. 350.

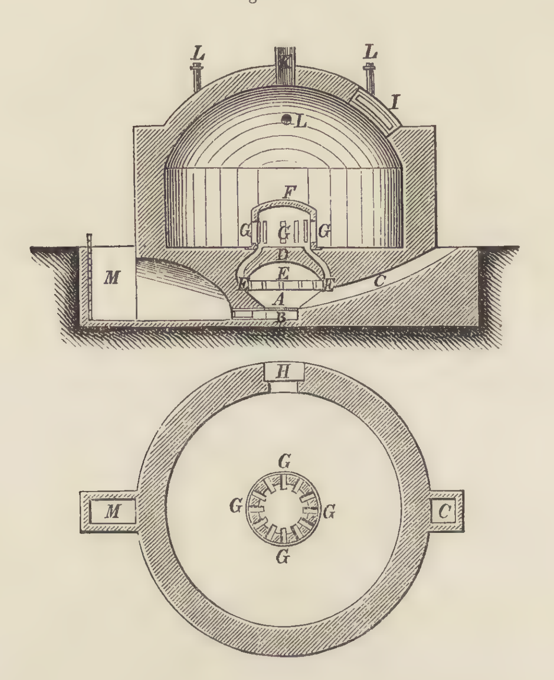


auf dem Roste A brennenden Feuers in Berührung kommt; diese Rostfeuerung mit Aschenfall B und regulirbarem Zugkanal C versehen, steht mit dem Gypsofen in der Weise in Zusammenhang, dass die Flamme bei D in den Ofen tretend, hier ein durchbrochenes flach gespanntes Gewölbe E zu passiren hat, das den zu brennenden Gyps trägt; dieser wird theils durch die Oeffnung F, theils durch die bei G eingebracht; zur Regulirung

des Zuges und zur richtigen Vertheilung der Hitze dienen die am Gewölbe des Ofens angebrachten Zugöffnungen bei H.

Zu den neuesten Konstruktionen gehört der Gypsbrennofen von Dumesnil, den die nachstehende Figur 351 im Grundriss und Querschnitt erläutert; bei diesem Ofen ist die Feuerung total getrennt von dem Raum, in dem der Gyps gebrannt wird; die Feuerung A mit Rost und Aschenfall B steht mit einem Schürkanal C in Verbindung; die Feuerung ist mit einem flachen Gewölbe D überspannt, an dessen Kämpfer sich 12 nach oben sich biegende Feuergänge E befinden, durch welche die Feuer-


Fig. 351.



luft in den Brennraum tritt; um sich hier nach allen Seiten hin gleichmässig zu vertheilen, dient eine aus gebranntem Thon hergestellte flach gewölbte Haube F, seitwärts mit 12 Oeffnungen G durchbrochen; die diese Oeffnungen durchstreichende Feuerluft tritt nun erst in die zu brennende Gypsmasse ein, die an der Sohle des Ofens so aufgestellt wird, dass vor den Oeffnungen G breite Zwischenräume verbleiben. Bei der weiteren Beschickung des Ofens ist überhaupt dafür Sorge zu tragen, dass das eingebrachte Material so aufgeschichtet wird, dass darin angemessene Zwischenräume für den Zug verbleiben. Zur Beschickung dient eine Oeffnung H

in der Seitenwand des Ofens, welche zum Einbringen der unteren Gypslagen dient und auch zum Entleeren benutzt wird, und eine andere Oeffnung I, welche dazu benutzt wird, den oberen Brennraum mit Gypslagen auszufüllen. H wird durch eine ausserhalb mit einer Ziegelbedeckung versehene gusseiserne Platte, I durch eine Thür von starkem Eisenblech verschlossen. Der Brennofen ist mit einem Kuppelgewölbe überdeckt, das in seiner Mitte eine Esse aus Eisenblech K trägt, die mit einer Vorrichtung zum Oeffnen und Schliessen versehen sein muss; kleinere Zugröhren x in der Decke des Gewölbes lassen sich durch aufgelegte Deckel schliessen und machen es möglich, die Hitze in allen Theilen des Brennraumes gleichmässig zu vertheilen. M ist eine Oeffnung, durch welche der Heizer zum Aschenfall gelangen kann.

Ist die Beschickung des Ofens erfolgt, so wird während der ersten 4 Stunden das Feuer nur gelinde unterhalten, nach und nach aber verstärkt, nach 12 Stunden aber wird das Feuer ganz eingestellt; man schliesst dann alle Oeffnungen und breitet oben auf dem Gypse im Brennraum 5 bis 6 Kubm. grobes Gypspulver aus; hierdurch wird der Zug im Ofen sehr verlangsamt, und durch die vorhandene Hitze zugleich dieser pulverförmige Gyps gebrannt. Nachdem der Ofen 12 Stunden lang zur Abkühlung gestanden hat, beginnt man den gebrannten Gyps herauszuziehen.

Zum Brennen von Gyps hat in neuster Zeit auch der bekannte Londoner Industrielle A. L. Ramdohr einen Ofen mit kontinuirlichem Betriebe gebaut, der ein System von beliebig vielen stehenden, oben offenen Retorten von Gusseisen bildet; dieselben werden oben mit dem zu brennendem Gyps beschickt, während zum Entleeren des gar gebrannten Materials am unteren Ende jeder Retorte drei kegelförmige Ventile angebracht sind, welche durch einen einfachen Mechanismus geöffnet oder geschlossen werden können. Jede Retorte liefert täglich 36 Hl. gebrannten Gyps, ein Ofen mit 6 Retorten 324 Hl.[1]).

Die Anzahl der Retorten richtet sich nach der Grösse der Produktion; ihre Formen sind in der umstehenden Fig. 352 a b und c ersichtlich; der oblonge beiderseits abgerundete Retortenquerschnitt misst der Länge nach 96 cm.; der Breite nach oben (an der Füllöffnung) 32 cm., unten an der Entleerungsöffnung 23 cm. Die gusseisernen Retorten im Ganzen 3,5 m. hoch bestehen aus mehreren Theilen, die durch Muffen und Eisenkitt verbunden und gedichtet sind, nach oben hin sind sie dem Feuer ausgesetzt, nach unten hin der Abkühlung. Fig. 352 a und c macht die Feuerung f mit Rost sichtbar; damit das Feuer hier nicht unmittelbar auf die gusseisernen Retorten einwirken kann, sind dieselben mit einem 40 mm. dicken

---

[1]) Beschreibung und Abbildung dieses interessanten Ofens befindet sich in Dingler's Polyt. Jour. 1875 Band 215 S. 332.

Chamottemantel umkleidet, und werden hierdurch vor zu starker Erhitzung geschützt; der Feuerzug ist durch die Pfeile in Fig. 352 a angegeben; in p ist der Rauchsammler sichtbar, von wo die Verbrennungsgase in den Schornstein gelangen. o, o, o, sind die 3 Ventile, welche dazu dienen, den gebrannten Gyps aus den Retorten herauszunehmen, dies geschieht durch eine drehbare Welle, mit excentrischen Scheiben und einfachem Rädermechanismus, wie dies in w, w, angedeutet ist.

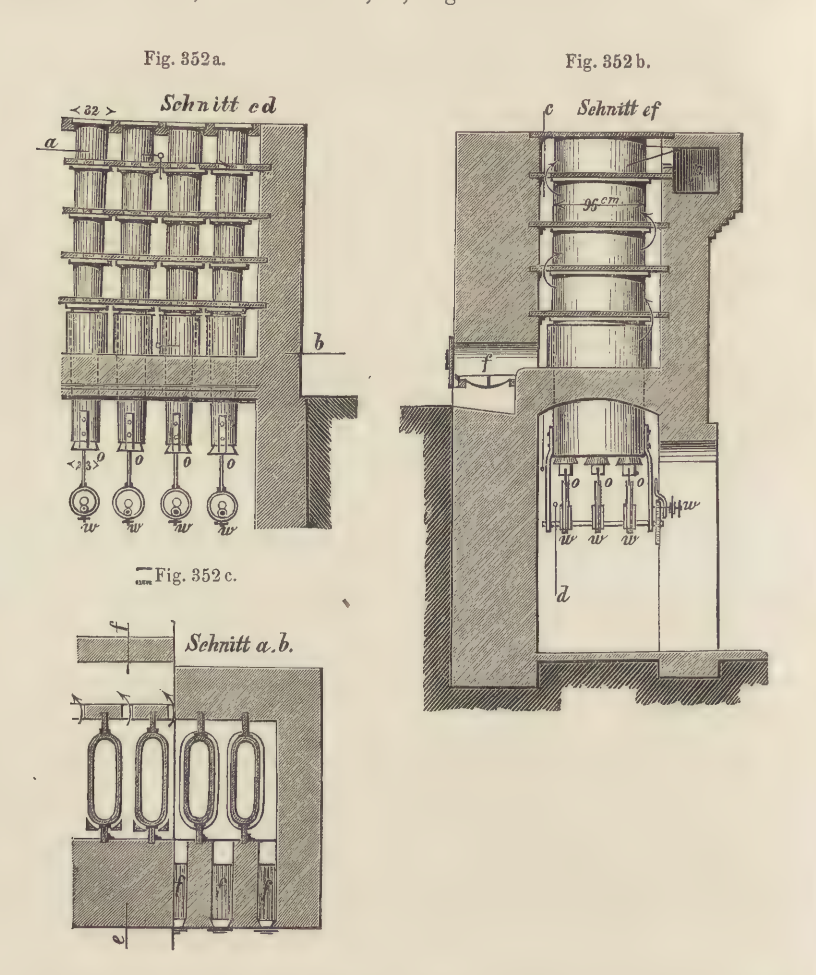


Fig. 352 a. Fig. 352 b. Fig. 352 c.

Der Garbrand erfolgt zunächst dem Feuerherde, während die Temperatur nach oben zu, wo das Aufgeben des rohen, in kleine Stücke geschlagenen Gypses erfolgt, allmälig abnimmt.

Arbeitet man im Kleinen, so wird der Gypsstein gut pulverisirt und in einem Kessel oder auf einer Platte über freiem Feuer so lange erhitzt,

bis die durch die entweichenden Wasserdämpfe hervorgebrachte wallende Bewegung des Gypspulvers aufhört. Mittelst Ueberhalten kühler Glasplatten über den zu brennenden Gyps kann der Gang der Entwässerung an dem Beschlagen der Probeplatte beobachtet werden.

Ausser den angegebenen Vorrichtungen zum Brennen des Gypses sind in neuerer Zeit viele andere konstruirt worden, von denen einige auf Gypspulver, andere auf Gypssteine in Blöcken eingerichtet sind.

So empfiehlt man den gepulverten Gyps in cylindrischen Kesseln zu brennen, die auf gewöhnliche Weise von Oefen umgeben sind und mit Holz oder Steinkohlen gefeuert werden. Beim Brennen von Gypspulver muss man dasselbe oft umwenden, und man benutzt deshalb eine, einen Cylinder umschliessende archimedische Schraube; dieser Cylinder nimmt das Gypspulver auf der einen Seite in sich auf und schüttet dasselbe, indem die Schraube es vorwärts schiebt, gebrannt auf der anderen Seite wieder aus; dieser Brennapparat, so sinnreich er ist, hat jedoch den grossen Nachtheil, dass sich schwer der Hitzegrad im Innern des Cylinders bestimmen lässt und er daher sehr häufig nicht gar gebranntes oder auch todtgebranntes Gypspulver liefert; überdies ist ein Blechcylinder mit archimedischer Schraube kostspielig und wirft sich im Feuer leicht, wodurch Störungen in der Bewegung, die wiederum unter solchen Umständen viel Kraft beansprucht, entstehen. Ein anderer Apparat besteht aus zwei übereinander liegenden eisernen Hohlcylindern, welche nach Art der Kaffeebrenner sich über dem Feuer drehen, während zugleich im Innern der Cylinder eine im entgegengesetzten Sinne rotirende archimedische Schraube, das Material in beständiger Bewegung erhält; die obere Trommel dient als Vorwärmer, und durch ein Zwischenrohr gelangt das Material von da in die untere Trommel.

Ein aus Eisen konstruirter rotirender Gypsbrennofen wurde von Simon Walser in München in die Praxis eingeführt; der von der Flamme umspülte cylinderförmige Brennkessel wird durch einen Motor in langsame Rotation versetzt, sodass der zu brennende Gyps durch Schaufeln, die an der Drehaxe befestigt sind, beständig und gleichmässig umgewendet wird. Hierdurch wird in erster Linie eine weitaus bessere Qualität des Gypses erzielt.

Die während des Brennens sich erzeugenden Wasserdämpfe gehen durch eigens angebrachte Seitenröhren in den Schornstein.

Die Vollendung eines Brandes erfordert sammt Füllung und Leerung des Kessels eine Zeitdauer von nahezu 1 Stunde, so dass täglich d. h. innerhalb 24 Stunden 17 bis 18 Brände, jeder mit 6 Hl., mithin 102 bis 108 Hl. Gyps geliefert werden können.

In zweiter Linie wird demnach mehr als das doppelte an Qantität erzielt[1]).

---

[1]) Bayer. Industrie- und Gewerbeblatt 1879 S. 204 bringt Zeichnung und Beschreibung.

Violet wendet überhitzten Wasserdampf an und benutzt zwei eiförmige, den Kalköfen ähnliche aus Ziegelsteinen gemauerte Rezipienten, welche in der Art mit dem Dampfkessel verbunden werden können, dass erst der eine als Vorwärmer dient und dann der andere; während in dem ersteren der Gyps gar brennt, wird dieser wieder zum Vorwärmer und der Gyps erhält nun im zweiten die Gare. So vorzügliche Resultate dies Verfahren auch liefert, so ergeben sich ausser der Kostspieligkeit des Apparates und dem erhöhten Brennstoffaufwand, in der Praxis doch grosse Schwierigkeiten; bei allen Methoden nämlich, welche das Pulverisiren des Gypses vor dem Brennen vorschreiben, ist zu berücksichtigen, dass zur Verkleinerung des rohen Gypses eine weit bedeutendere mechanische Kraft erforderlich ist, als zum Pulverisiren des gebrannten Gypses, und dass das gebrannte Gypspulver viel schneller an feuchter Luft verdirbt als Gypsstücke.

Triquet und Guyant benutzen die aus den Kalköfen entweichende Hitze auch zum Brennen der Gypssteine; die Einrichtung hierbei kann zweierlei Art sein; entweder ist dazu ein eigener Raum oberhalb des Kalkofens angebracht, oder ein langer geneigter Kanal, in welchem eine Reihe gusseiserner Cylinder liegen, die den zu brennenden Gyps aufnehmen. Die erste Einrichtung mit dem Gypsofen über dem Kalkofen ist besonders da zweckmässig, wo der Gyps in derben Stücken gebrannt werden soll, die letztere mit eisernen Cylindern aber da, wo, wie in der Umgebung von Paris, der Gyps in kleinen Stückchen und Körnern (als Gypsgrus) vorkommt, da ein solcher Gyps sich überhaupt in gewöhnlichen Oefen nicht brennen lässt.

Auch Gypsöfen zum kontinuirlichem Brennen hat man konstruirt und zwar nach dem Prinzip der Rüdersdorfer Kalköfen, jedoch in weit kleineren Dimensionen, am häufigsten erhalten diese 3 Schüren für die Feuerung und 3 Abzugsöffnungen für den gar gebrannten Gyps.

Gut gebrannter Gyps ist aufgelockert, lässt sich leicht mahlen, lässt in der Hand gedrückt und gerieben eine Art Fettigkeit spüren.

Zum Verkleinern des Gypses nach dem Brennen benutzt man verschiedene Werkzeuge und Maschinen; gewöhnliche Handschlägel, Pochwerke und Stampfmühlen kommen hierbei in Thätigkeit. Zum Mahlen dienen Mühlen mit liegenden und stehenden Mühlsteinen.

Zu den neueren Konstruktionen um den Gyps zu mahlen gehören die verbesserten Trottmühlen; Figur 353 a und b giebt die Einrichtung eines Gypsmahlapparates, wie ihn die Pariser Ausstellung von 1855 brachte: diese Mühle ist im Vergleich zu den gewöhnlichen Laufmühlen wesentlich verbessert, indem sie keine eigens aufgestellten Arbeiter zur Bedienung erfordert, wie dies bei den früheren unvollkommen eingerichteten Trottmühlen der Fall war, wo für das Aufwerfen der Masse, zum Herablassen und Aufhängen der Streichen und zum Entleeren des Brettes beständig ein Arbeiter anwesend sein musste.

Die Königswelle a wird durch 2 konische Räder von der Transmission getrieben; auf dieser Welle sitzt eine feste Hülse c, welche die Läuferaxe d

Fig. 353a.

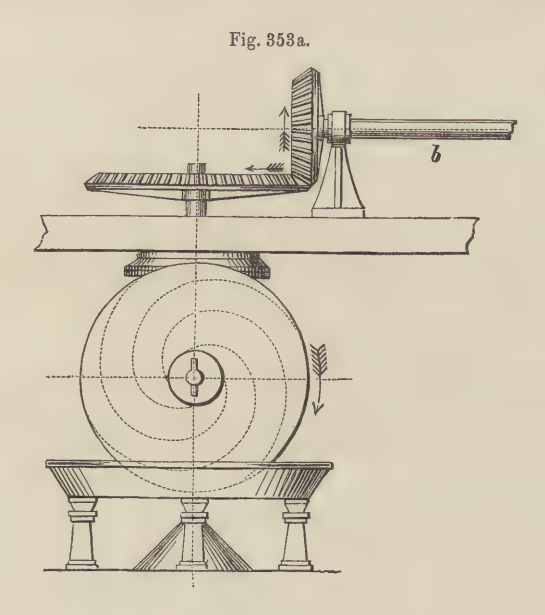
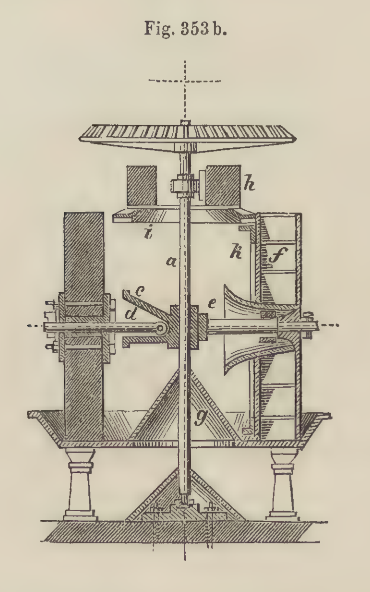


Fig. 353b.



mit herum führt, wodurch sich der Läufer selbst um die Axe d dreht; da in der Hülse c die Läuferaxe ein Charnier hat, so kann sie sich mit

dem Steine heben bei ungleicher Grösse des aufgeworfenen Mahlgutes; das Mühlbrett besteht aus einer eisernen auf 4 Säulen ruhenden Platte. Gegenüber dem Läufer dreht sich frei auf einer an der Hülse c befestigten Axe e das Schöpfrad f, welches das Zermahlene von der Bodenplatte wegnimmt, es bei der Axe entleert und auf das ringsum den Königsbaum gespannte konische Sieb g fallen lässt. Zur Bewegung des Schöpfrades ist an dem Gebälke h ein fixes konisches Rad i angebracht, welches in einen an der inneren Seite des Schöpfrades befindlichen Zahnkranz k eingreift. Das konische Sieb lässt alles, was fein genug ist durchfallen, und die zu grobe Masse rollt wieder in die Läuferbahn zurück. Hierbei ist keine Einstreiche erforderlich, und kann die Speisung der Mühle durch ein kontinuirliches Becherwerk oder eine Zufuhrschnecke geschehen; auf dieselbe Weise kann das kontinuirlich gelieferte Produkt fortgeleitet werden.

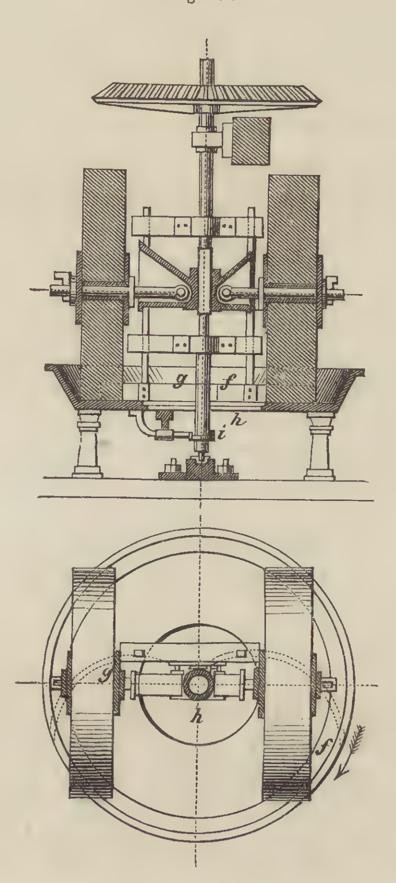
Die vorstehende Trottmühle hat nur einen Läufer, die Anfertigung des Schöpfrades aber ist kostspielig und das Herabfallen der gemahlenen Masse auf das Sieb erregt Staub, deshalb wurde eine weiter verbesserte Konstruktion in Ausführung gebracht, die nach dem Namen des Erfinders die Reinhardt'sche verbesserte Trottmühle mit zwei Läufern genannt wird.

Bei dieser Einrichtung Figur 354 befinden sich 2 Läufer, von denen sich jeder in einem Charnier heben kann und gemeinschaftlich an einer vertikal sich bewegenden Hauptwelle befestigt sind; die Steine stehen in ungleichen Abständen von der Welle entfernt, um dadurch die Mahlfläche des Mühlbettes zu vergrössern, wobei aber der der Axe nähere Stein zur Ausgleichung der Zentrifugalkraft schwerer d. h. breiter gemacht werden muss, als der entferntere Läufer. An dem vertikalen Wellbaume sind durch 2 aufgekeilte Hülsen zwei Querlatten befestigt, die zwei Streicher f und g mit sich führen. Die Streiche f schafft die Füllung von der gusseisernen Bodenplatte auf das ringsum den Königsbaum horizontal gespannte Siebblech h; das Sieb liegt so, dass die Streicher nicht unmittelbar darüber wegstreifen, und dasselbe nicht abnutzen; von unten schlägt ein kleiner hölzerner Klopfer gegen das Siebblech, so dass dadurch das Durchfallen des feingemahlenen Staubs befördert wird, während alles zu Grobe, durch die zweite Streiche wieder zurück, unter die Steine gebracht wird.

Gypsmühlen mit gusseisernem Schrotkegel sind von Claude Coutenot und Béchu konstruirt worden; sie haben den grossen Vortheil, dass sie je nach der Einstellung der beiden Kegel feines oder grobes Gypsmehl liefern, besonders ist die letztere Konstruktion äusserst vortheilbringend, indem der durch den Schrotkegel feingemahlene Gyps, durch eine Anzahl Läuferkegel nochmals zum feinsten Pulver zermahlt wird; die Betriebsfähigkeit dieser Gypsmühlen wird sehr gelobt, denn mit einspännigem Pferdegöpel wird in einer Stunde 4—5 Kubikmeter Gyps verarbeitet.

Auch *trommelförmige Handmühlen mit Kugeln* benutzt man zum Gypsmahlen und ebenso *gewöhnliche Mahlmühlen* für Getreide; letztere werden häufig allen anderen Einrichtungen vorgezogen, weil sie am meisten Mahlgut liefern und mit geringen Kosten zu unterhalten sind; aber nur die ordinären Maurer-, Tünch- und Estrich-Gypse können gleich von der Mühle weg verwendet werden, die feineren Stuckatur- und Bildhauer-Gypssorten müssen weiter *gesiebt* oder *gebeutelt* werden. Hierzu

Fig. 354.



benutzt man am Besten die *Beutelkasten*, in welchen geneigt ein sechstheiliges Beutelprisma liegt. Letzteres ist mit Beutelgaze und verzwirnter Seide von verschiedener Feinheit bespannt und wird durch konische Räder in Bewegung gesetzt. Der gesiebte Gyps muss in gut verschlossenen Fässern und an trockenen Orten aufbewahrt werden.

Der gebrannte und gepulverte Gyps wird hauptsächlich zu Stuckatur-Arbeiten und zum Gypsmörtel verwendet; seine Verwendung beruht zum grössten Theil auf seiner Eigenschaft im Wasser zu erhärten und hierbei ist Folgendes zu bemerken:

Auf die Schnelligkeit des Erhärtens ist der Grad des Brennens von wesentlichem Einfluss; Gyps mit noch 4 bis 5 pCt. Wasser wird härter als völlig gar gebrannter.

Der Grad der Härte des erstarrten Gypses hängt zum theil davon ab, dass beim Anmachen nicht mehr Wasser als nöthig, zugesetzt wird, zum theil aber auch schon von der Reinheit des ungebrannten Gypssteins. Dichter, faseriger und blättriger Gyps besteht nach dem Brennen aus sehr feinen Theilen, welche sich gleichmässig und gleichzeitig durch die ganze Masse mit dem zugesetzten Wasser verbinden. Hierbei findet eine ungehinderte Ausdehnung statt, und die Theilchen liegen lockerer nebeneinander; bei dem körnigen Gyps, der auch nach dem Brennen diese Eigenschaft beibehält, tritt zuerst nur die Oberfläche der Körner mit dem Wasser in Verbindung, während es von da ab nur langsam in das Innere eindringt, um sich auch hier mit den gebrannten Gypstheilen zu vereinigen; hierbei ist aber die Oberfläche schon erhärtet und giebt bei dem Erhärten der inneren Theile nicht mehr nach, wodurch eine Spannung und dadurch grössere Härte entsteht.

Aus ähnlichen Gründen wird der Gyps um so weniger hart, je mehr man überflüssiges Wasser zum Anrühren genommen hat; wollte man aber nur gerade soviel Wasser anwenden, wie der Gyps selbst absorbirt, um in seinen krystallinischen Zustand überzugehen, so würde man keine gleichförmige zum Guss oder zur Verarbeitung taugliche Masse erhalten. Zum Vorgiessen wählt man auf 1 Gewichtstheil Gyps $^3/_4$ Th., zur Mörtelbereitung $^5/_8$ Th. Wasser.

Der verdünnte Gypsbrei dringt in die feinsten Vertiefungen eines abzuformenden Gegenstandes ein, hinterlässt aber eine mehr lockere, poröse Masse, ein übermässiger Wasserzusatz verhindert das Binden vollständig, und der Gyps setzt sich erdartig ab.

Beim Erhärten dehnt sich der Gyps ungefähr um 1 pCt. aus. Der durch Wasser wieder erhärtete Gyps kann zerrieben und mit Wasser von Neuem angerührt werden und geht alsdann nach kurzer Zeit in einen festen Zustand über, zeigt aber eine geringere Härte als zuvor; je besser der Gyps ist, desto öfter, wohl 3 bis 4 mal kann man den Gyps in gleicher Weise behandeln.

Setzt man dem zum Gypsgiessen verwendeten Wasser 2,0 bis 2,5 pCt. Alkohol zu, so kann man das schnelle Erhärten des Gypses verzögern; die hierdurch gewonnenen Gypsabgüsse sind dichter, durchaus homogen und vielmehr frei von Luftblasen, als solche mit reinem Wasser herge-

stellte; Gypsabgüsse solcher Art lassen sich ohne alle Schwierigkeit mit Spatel und Stecher nacharbeiten[1]).

Die aus gebranntem Gyps gefertigten Gegenstände sind sehr porös und saugen mit grosser Begierde Flüssigkeit ein; Formen von Gyps entziehen den breiartigen Gussmassen, von festen Körpern mit Wasser ihre Nässe, so dass sie bald in denselben erstarren und trocken werden.

Das Anrühren des Gypses in Wasser erfordert Vorsicht, damit möglichst wenig Luftblasen in die Masse kommen, auch muss man schnell arbeiten, denn nur bei Anwendung von nicht zu vielem Wasser erreicht der erstarrte Gyps die grösste Festigkeit, die Masse aber erstarrt unter diesen Verhältnissen auch sehr schnell. Mit Ziegelmehl, Thon, feinem Sand gemengter Gyps erhärtet später und nicht in demselben Grade, wie ohne diese Zusätze. Kalk, der häufig schon dem rohen Gypsstein beigemischt ist, verändert den gebrannten Gyps nicht, so lange er nur den zehnten bis sechsten Theil des Ganzen ausmacht, ist aber mehr vorhanden, so erhärtet der Gypsbrei nur sehr langsam, und die Mischung ist zum Giessen kaum mehr, wohl aber zur Bearbeitung aus freier Hand geeignet. Mit Leimwasser erhärtet der Gyps nur langsam, ebenso wird das Erhärten des Gypses verzögert, wenn man ihm 2—4 pCt. Eibischwurzelpulver zufügt und die Mischung mit 40 pCt. Wasser zu einem Teige verknetet.

Um Gypsabgüsse zu verkleinern rührt man den gebrannten Gyps mit einem Gemisch von 2 Th. Wasser und 1 Th. 90 procentigen Alkohol an, bringt den Brei in eine eingeölte Originalform. Der eben erstarrte aus der Form herausgenommene Abguss wird dann nach dem Trocknen um $^1/_{25}$ seiner Abmessung sich zusammenziehen. Macht man dann wiederholt von den erhaltenen Abgüssen, Formen und füllt dieselben in gleicher Weise, so erhält man nach und nach immer kleiner werdende Abgüsse von vollkommenster Schärfe.

Schwefelsaures Kali und gebrannter Gyps zu gleichen Theilen erstarren mit gleichem Gewicht Wasser augenblicklich, so dass die Mischung sich nicht ausgiessen lässt; mit 2 Gewichtstheilen Wasser erhält man eine giessbare Mischung, welche nach dem Erstarren mit Krusten von schwefelsaurem Kali überzogen sind.

Gypsabgüsse dieser Art erscheinen perlmutterartig, atlasglänzend; auch ungebrannter Gyps (Marienglas) zu gleichen Theilen mit neutralem schwefelsauren Kali gemengt, erstarrt mit Wasser zu einem Brei angerührt, schneller als Gyps.

Weiters kann man den Gyps erhärten, wenn man ihn nach dem Brennen in einer Lösung von 1 Th Alaun in 12—13 Th. Wasser vollständig tränkt, trocknet, dann wieder brennt und ihn mit gleich starker Alaunlösung anrührt und wie gewöhnlich verfährt; dies zweite Brennen

---

[1]) Dr. H. Frühling, Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeit. 1876 S. 186.

soll aber bei einer die Rothglut erreichenden Temperatur geschehen und darf nicht zu schnell unterbrochen werden. So behandelten Gyps nennt man in Frankreich Ciment anglais, in England Keene's Cement; der alaunte Gyps ist bedeutend härter als der gewöhnliche, nimmt Steinhärte an und erhält durch diese Behandlung, mit dem Hammer angeschlagen, einen schönen hellen Klang, die Oberfläche der Gussplatten nimmt die schönsten Färbungen und die glänzendste Politur an, lässt sich abwaschen, ohne im Mindesten darunter zu leiden und zeigt sich gegen die Witterung sehr beständig. In neuester Zeit wendet man daher den Keene's Cement zur Anfertigung aller Sorten von Stuckmarmor ein- und mehrfarbigen an.

Aehnlich wie der Alaun aber schwächer wirken schwefelsaures Kali und schwefelsaures Natron; auch wenn man statt des Wassers saure Milch sammt den Molken zum Anmachen des Gypses nimmt, erlangen die Abgüsse in 24 Stunden eine bedeutende Härte.

Landrin erhielt sehr günstige Resultate dadurch, dass er gebrannten Gyps einige Minuten in ein Gemisch von Wasser und Schwefelsäure brachte und dann die trocken gewordenen Stücke einer 2 bis 3 stündigen Rothglut aussetzte; war die Schwefelsäure zur Sättigung des im rohen Gyps so oft vorkommenden kohlensauren Kalkes ausreichend, oder befand sie sich in geringem Ueberschusse, so fiel der Versuch sehr befriedigend aus. Die so verarbeiteten Gypse zogen sehr langsam in 10—12 Stunden an, wurden ausserordentlich hart, und besassen alle Eigenschaften eines ausgezeichneten Stuckmaterials.

Noch einfacher wird die Operation, wenn man rohen Gyps in 8 bis 10 pCt. Schwefelsäure enthaltendes Wasser $^1/_4$ Stunde lang eintaucht und dann kalcinirt; gewöhnlicher Gyps so behandelt zeigte statt der sonst grauen Farbe einen weissen Ton, woraus zu schliessen ist, dass die Schwefelsäure die im Rohgyps vorhandenen organischen Stoffe zerstört[1]).

Der etwa im natürlichen Gyps vorhandene kohlensaure Kalk äussert nach dem Brennen in Aetzkalk umgewandelt, nach Landrin, auf sein Erhärten im Wasser einen sehr günstigen Einfluss. Der vorhandene Aetzkalk wird sich nämlich beim Anmachen des Gypses in Wasser löschen und veranlasst so eine Temperaturerhöhung, die dazu beiträgt, ein schnelleres Festwerden zu veranlassen; ferner erlangt der Gyps eine bedeutendere Härte, welche ohne Zweifel davon herrührt, dass er an der Luft in Karbonat übergeht. Gewöhnliche Gypse, welche 10 pCt. Kalk enthalten, geben verarbeitet vorzügliche Resultate, lassen sich leicht glätten und widerstehen besser den Einwirkungen der atmosphärischen Einflüsse. Landrin hat auch Mischungen hergestellt, welche bis 75 pCt. Kalk enthielten und vorzügliche Resultate ergaben[2]).

---

[1]) Comptes rendus 1874 Bd. 79 S. 231.

[2]) Comptes rendus. Band 79 S. 658.

Der Parian Cement besteht aus 1 Th. kalzinirtem Borax und 44 bis 45 Th. Gyps und erstarrt nach dem Anrühren mit Wasser zu einer sehr harten und dauerhaften Masse. Durch Borax kann man das Erhärten des Gypses bedeutend verzögern; man benutzt hierzu eine gesättigte Boraxlösung und verdünnt dieselbe mit um so weniger Wasser, je länger der Gypsbrei weich bleiben soll. Wenn man 1 Vol. Boraxlösung mit 12 Vol. Wasser vermischt, so wird das Erhärten um ungefähr 15 Minuten verzögert; nimmt man auf 1 Vol. Boraxlösung 8 Vol. Wasser, so wird das Erhärten um 50 Minuten, bei 4 Vol. Wasser um 7—10 Stunden verzögert; bei Anwendung gleicher Theile Boraxlösung und Wasser erstarrt der Gyps erst nach 10—12 Stunden.

Ein Gemisch von feinem Gyps und gepulvertem Gypsspath (Fraueneis) mit Leimwasser giebt die zu ornamentalen Zwecken verwendbare Scaliogla.

Sehr harte Gegenstände aus Gyps erhält man nach Abate, wenn man den gebrannten Gyps in eine um ihre Axe sich drehende Trommel bringt und in diese Wasserdampf leitet; der Gyps nimmt dabei allmälig um 28 Prozent an Gewicht zu, und man füllt ihn dann in Formen und komprimirt ihn durch ein kräftiges Druckwerk; hierdurch erhält der Gyps eine ganz bedeutende Härte und erlangt ebenfalls ausgezeichnete Politurfähigkeit.

Das Härten von Gyps mit Wasserglaslösung ist nur schwierig auszuführen; Gyps mit Wasserglaslösung zusammengerieben kommt sogleich zum Stocken und wittert beim Austrocknen Kali oder Natriumsulfat in Menge aus; aus Gyps gefertigte Gegenstände lassen sich daher nicht mit Wasserglaslösungen imprägniren. Bessere Resultate erhält man mit Anhydrit oder mit dem ihm sich gleichverhaltenden starkgebrannten Gyps; andererseits verwendet man, um Gyps zu härten eine Mischung von Kaliumwasserglas mit Kasëin-Kali. In neuerer Zeit ist auch zu gleichen Zwecken Kieselfluorwasserstoffsäure (für sich oder als Kieselfluorkalium) vorgeschlagen worden.

Um Gypsabgüssen ein schönes Ansehen zu geben, streicht man sie wohl 2—3 mal mit reinem dünnen Seifenwasser an und reibt sie nach dem Trocknen mit feiner Leinewand ab; noch dauerhafter und schöner wird der Glanz, wenn der noch feuchte Gyps mit wenigem sehr fein geschlämmten Federweiss mittelst eines Pinsels bestreut und nach vollständigem Austrocknen mittelst des Fingers so lange überrieben wird, bis die Oberfläche einen Atlasglanz erhalten hat.

Um Gypsabgüsse abwaschbar zu machen sind in folge eines Preisausschreibens des preuss. Handelsministeriums die verschiedensten Vorschläge gemacht worden; das Verfahren von Dr. W. Reisig (Darmstadt) besteht darin, Gypsabgüsse entweder mit Barytwasser oder mit kiesels. Kalilösung zu behandeln.

Das Verfahren mit Barytwasser gründet sich darauf, dass der Gyps

sich dadurch in schwefels. Baryt und Aetzkalk umsetzt, welcher an der Luft dann in kohlens. Kalk übergeht. Bei dem Verfahren mit kiesels. Kalilösung wird beabsichtigt den schwefelsauren Kalk in kieselsauren Kalk umzuwandeln[1]).

Neuerdings wurde von Reisig vorgeschlagen, Gypsabgüsse nach dem Trocknen mit einer Lösung von Kautschuk in Benzol, Petroleumäther oder Schwefelkohlenstoff zu überziehen[2]).

Dr. Dechend hat nun nach vielfach angestellten Versuchen gefunden, dass die bisher angegebenen Verfahren für sich allein den gestellten Anforderungen zu genügen nicht im Stande sind, sondern nur, wenn man die gemachten Vorschläge mit einander kombinirt; dem entsprechend empfiehlt er folgendes Verfahren: „Man lasse die Gypsabgüsse nach völligem Trocknen 24 Stunden lang in einer kalten Barytauflösung, wasche sie nach dem Herausnehmen aufs Sorgfältigste mit kaltem Wasser ab und lasse sie 3 bis 4 Tage bei gewöhnlicher Zimmertemperatur trocknen. Dann bringt man die Abgüsse etwa ½ Stunde in eine heisse Auflösung von 1 Th. Kernseife in 15 bis 20 Th. Wasser und trockne sie endlich, nachdem die anhängenden Seifentheilchen durch Wasser entfernt worden sind in geeigneten Trockenräumen[3]).

Neuerdings hat Dechend die Beobachtung gemacht, dass Gypsabgüsse mit Baryt und Seife behandelt jahrelang nass bleiben und dass auf dem Gyps leicht gelbe Flecken entstehen; um dies zu vermeiden bestreicht er die Abgüsse nochmals mit einer warm gesättigten, dann heiss gemachten Lösung von Borax, lässt dann einen Anstrich von heisser Chlorbariumlösung folgen, und zum Schluss einen solchen von heisser Seifenlösung. Die überschüssige Seife wird mit heissem Wasser abgewaschen und mit kaltem nachgespült[4]).

Um Gypsabgüsse gegen den Einfluss der Witterung zu schützen, tränkt man sie in erwärmtem Zustande wiederholt mit einer heissen Mischung von 3 Th. Leinölfirniss und 1 Th. weissen Wachs, bis sie nichts mehr davon einsaugen, jedoch auch nichts auf ihrer Oberfläche zurückbleibt; Gypsabgüsse werden auch wohl mit heissem Leinöl getränkt und dann mit Oelfarbe angestrichen, um sie gegen das Wetter zu schützen, wobei natürlich der Anstrich von Zeit zu Zeit wiederholt werden muss. Sehr gute Dienste gewähren auch Anstriche von Schwefelbalsam, den man erhält, wenn man Schwefel in erwärmten fetten und flüchtigen Oelen löst;

---

[1]) Näheres: Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleisses 1877 p. 306, ebendaselbst sind ähnliche Vorschläge die von F. Filsinger in Dresden und G. Leuchs in Nürnberg eingehend mitgetheilt.

[2]) Deutsche Industrie-Zeitung 1880 S. 110.

[3]) Deutsche Industrie-Zeitung 1878 S. 513.

[4]) Deutsches Reichspatent No. 3203.

eine solche Lösung stellt man her aus Leinöl, das bei einer Erwärmung von 160° C. nahezu 10 Prozent Schwefel in sich aufnimmt.

Ein sehr schönes Ansehen erhalten Gypsabgüsse durch Bronziren. Nach Elsner erhält man eine sehr schöne braungrüne Bronzefarbe, wenn man zu einer Lösung von Palmölseife in Wasser eine Mischung von aufgelöstem Eisen- oder Kupfervitriol hinzusetzt, den Niederschlag auswäscht, trocknet und in einem trocknenden Oel oder in einer Mischung von gutem Leinölfirniss und Wachs auflöst. Mit dieser Lösung werden die vorher erwärmten Gypsabgüsse mittelst eines Pinsels überstrichen. Die Färbung des Niederschlags kann beliebig durch einen grösseren oder geringeren Zusatz des einen oder des anderen Salzes modifizirt werden. Das Auftragen des Bronzepulvers geschieht am besten, wenn man den Finger mit einem Stück Rohleder überzieht, dieses leicht in das Pulver taucht, die locker anhängenden Theile auf ein Stück von feinem glatten Leder abstreicht und dann das noch anklebende Pulver blos auf jene Stellen aufträgt, die desselben bedürfen[1]).

Ein schönes Ansehen erhalten endlich Gypsabgüsse durch Tränken in Stearinsäure oder besser noch in Paraffin, welche beiden Körper vorher zweckmässig in Petroleumäther gelöst werden; um der Masse ein besonderes warmes Ansehen zu geben, giebt man dem Paraffin oder der Stearinsäure Zusätze von Gummigut und Drachenblut, wodurch eine schwachröthliche Färbung sich ergiebt; ein anderer Vorschlag Gypsgüsse zu überziehen, preist eine Lösung von Wachs in Schwefelkohlenstoff an.

Seine Hauptanwendung findet der Gyps, wie schon gesagt, beim Abgiessen von Bildhauer- und bei den Stuckatur-Arbeiten; letztere sind vielfacher Art, Stuck, Stuckmarmor, Stuckolustro, Estriche, Kitte, Mörtel.

Stuck (ital. Stucco) sind feine Mörtelkompositionen in denen der Gyps vorherrschend erscheint und deren man sich in der Baukunst sowohl zum Ueberziehen der Wände, als zur Verfertigung von Gesimsen und Reliefverzierungen bedient. Die wesentlichen Bestandtheile des Stucko's sind Gyps, Kalk, Sand, Ziegelmehl, Marmorstaub, Leim etc.

Hierher gehört auch die in neuerer Zeit zu architektonischen Zwecken häufig angewendete Scaliogla, welche aus einem Gemisch von feinstem gebrannten Gyps, rohem Gypsspath und Leimwasser oder Hausenblasenlösung besteht.

Zur Stuckarbeit muss das feinste Material genommen werden; die Masse wird in weichem Zustande aufgetragen, und erst wenn sie etwas hart und zähe geworden ist, in beliebige Formen gebracht; oft werden Verzierungen, Rosetten etc. einzeln gebildet und dann gehörigen Ortes befestigt[2]).

[1]) Ein anderes Verfahren giebt in aller Ausführlichkeit Muspratts Chemie in Anwendung auf Künste und Gewerbe III. Aufl. III. Band S. 1525.

[2]) Ueber Stuckmarmor und Stuccolustro siehe Band I S. 403 u. s. w.

Gypsestriche werden entweder auf eine geschlagene Unterlage von Lehm oder direkt auf die Füllerde oder auch auf eine mit Ziegeln gemauerte oder gewölbte trockne und feste Unterlage aus purem Gypsmörtel hergestellt; der grob gemahlene gebrannte Gyps eignet sich hierzu am besten, weil die groben Körner zum Verbande der Masse viel beitragen. Gypsestriche haben vor den Bretterböden viele Vorzüge, sie sind wohlfeil, äusserst dauerhaft, kühl, von Mäusen nicht unterwühlbar und vor allen Dingen feuersicher; ihre hauptsächliche Anwendung finden sie auf Vorplätzen, Fluren, Vorrathskammern, Küchen, Kornspeichern und Bodenräumen.

Eine weitere Durchbildung zeigen eingelegte Gypsestriche, bei denen der Boden eines Vorplatzes oder sonstigen Gemaches nur theilweise mit Platten von natürlichen oder künstlichen, regelmässig bearbeiteten Steinen musterartig belegt wird, alle Zwischenräume aber mit Gypsmörtel ausgefüllt und geebnet werden; bei noch reicheren Estrichen wird die Gypsmasse wohl verschieden gefärbt und in Friesen und verschiedenen Dessins, zwischen Latt- und Brettschablonen zum Fussbodenbeleg verwendet. Am reichsten sind Gypsestriche mit eingelegten farbigen Marmorstückchen; die nach der Farbe sortirten Marmorstücke werden, nachdem sie musivisch nach Mustern in den Gypsmörtel eingesetzt sind, nach einigen Tagen, die sie zu ihrer Erhärtung benöthigen, mittelst Sandsteinen und Sand ebengeschliffen; das Feinschleifen geschieht zuletzt mittelst Bimsstein und Wasser. Die so geebnete Fläche wird hierauf, nachdem sie trocken geworden, mit in Terpentinöl aufgelöstem Wachs eingerieben und dann mit einer scharfen Bürste gebohnert; diese Böden zeichnen sich durch Dauer und grosse Schönheit aus.

Gypsmörtel kann endlich als Bindematerial für jedes Mauerwerk verwendet werden, und geschieht dies häufig in den Gegenden, wo der körnige und dichte Gypsstein in Ueberfluss vorhanden ist, und spielt dann wohl der Kalkmörtel eine untergeordnete Rolle; es fehlt auch nicht an Beispielen, dass der Gypsmörtel bei richtiger Anwendung eben so gut erhärtet, Haltkraft und Witterungsbeständigkeit zeigt, wie der Kalkmörtel. So wird berichtet, dass bei Osterode am Fusse des Harzes sich eine bereits 1530 zerstörte Burg befindet, welche mit Gypsmörtel erbaut worden ist, der heute dem Hammer besser widersteht, als die Bruchsteine, denen er als Bindemittel dient. In den Fundamenten der Kirche von Kirchboitzen in der Lüneburger Haide finden sich wohlerhaltene, scharfkantige Quadern, die ganz aus Gyps gegossen sind und über 500 Jahre in der Erde gelegen haben; anderenorts sind in der Gegend vom Harzgebirge kolossale Statuen aus Gyps am Aeusseren der Kirchen gang und gäbe, die vollkommen der Witterung trotzen sollen.

Ein sehr vorherrschendes Baumaterial ist der Gyps auch in der ganzen Gegend von Paris herum, wo er die ausgedehnteste Anwendung findet;

ausser zu dem Putz im Innern verwendet man ihn hier überall als Bindemittel zu allem Mauerwerk, ebenso aber auch zum Abputz der äusseren Façaden; eine vorzügliche Eigenschaft des Gypsmörtels ist ferner die, dass er bei einer Temperatur bis zu — 10° ohne Nachtheile verarbeitet werden kann.

Auf Grund aller dieser Thatsachen hat man in neuerer Zeit dem Gyps eine grössere Bedeutung wieder zuerkannt; und wurde seit Jahren eine Art Gypsbeton unter dem Namen Annalith vielfach zum Bauen empfohlen.

Der Annalith besteht aus einer Mischung von scharfgebranntem, langsam bindenden osteroder Gyps mit reinem scharfen Sand oder Grand und grösseren erdfreien Steinen (Flusskiesel, Abfällen von Bruchsteinen, Backsteinbrocken etc.) und wird in eigens konstruirten Formen gegossen, in denen er bald die Festigkeit, Dauerhaftigkeit und Wetterbeständigkeit der alten Gypsmauerwerke erlangen soll. Auch werden aus den Brocken alter Mauern und gutem Gyps in Kastenformen grosse Bausteine gefertigt, die in wenigen Tagen zum Vermauern brauchbar sind. Das Hôtel de plâtres in Paris ist ganz aus gegossenen Gypsquadern erbaut und hat sich bis jetzt, 80 Jahr alt, vollständig unbeschädigt erhalten. Vom Jahre 1858 an wurden am Harz ganze Gebäude, grosse Dampfmaschinenschornsteine, Dampftrockenöfen, Anschlagsäulen, Gartenpavillons etc. aus Annalith gebaut, ebenso Gewölbe und feuerfeste Treppen[1]).

Um Gypsblöcke zu erhärten, dass sie zu Bauzwecken verwendet werden können, hat Fissot vorgeschlagen, dem rohen Gyps die gewünschte Quaderform zu geben; die so erhaltene Quader wird in den Brennofen gebracht und nach dem Brennen und Erkalten ½ Minute lang unter Wasser gebracht; nachdem dann die Quader einige Sekunden der Luft ausgesetzt geblieben ist, taucht man sie nochmals 1—2 Minuten lang in Wasser, worauf sie dann an der Luft sich so vollständig erhärtet, dass sie zum Bauen unbedenklich verwendet werden kann; wie es scheint, beruht dieses Verfahren auf einer vermehrten Aneinanderkittung der einzelnen Theilchen durch Krystallisation.

[1]) Weiteres über Annalithbauten siehe Heusinger von Waldegg's Gypsbrenner 1867.

B. Die Kitte.

In den verschiedenen technischen Fächern werden vielfach Gemenge verwendet, die man Kitte nennt und welche durch ihre grosse Adhäsionskraft an festen Körpern, auf deren Oberflächen sie in flüssigem Zustande und in dünnen Schichten gebracht werden, nachdem solche selbst erhärtet sind, diese Körper fest verbinden.

Die Wirkung eines Kittes wird sich zunächst nach dem Zusammenhange richten, den seine eigenen Theile besitzen, und dann nach dem Grade der Anziehung, welche er auf die Oberflächen der zu verbindenden Körper äussert. Diese Anziehung kann nicht blos eine physische oder eine Wirkung der Adhäsionskraft, sondern auch eine chemische Anziehung sein; auch wird die Stärke des Zusammenhangs zwischen Kitt und den zu verkittenden Theilen erhöht durch weitere chemische Verbindung ihrer Oberflächen. Die Materialien, die man zu den Kitten verwendet, müssen daher von solcher Beschaffenheit sein, dass der Kitt selbst eine bleibend feste Masse wird d. h. die Theile der Kitte dürfen keine solche Eigenschaften besitzen, die eine dauernde Verbindung nicht zulassen.

Man unterscheidet, nach den wesentlichen Bestandtheilen, welchen die Kitte enthalten: Leimkitte, Käse-, Eiweiss- Blut- und Stärkekitte; Glycerin- Oelkitte, Harzkitte; Rost- oder Eisen- und Zinkkitte.

Leimkitte darunter Gummi-Auflösung, Stärkekleister, Tischlerleim, Hausenblase dienen hauptsächlich nur zur Verbindung von organischen Stoffen, Papier, Pappe, Holz etc.

Gummikitt aus 4 Th. arabischen Gummi und 16 Th. weissen gebrannten Gyps eignet sich zum Kitten feiner Porzellanwaaren, widersteht aber der Nässe nicht. Gleiche Theile Gyps, Terpentin und Gummischleim geben einen auch in der Nässe haltbaren Kitt, der schnell erhärtet und daher auch schnell verbraucht werden muss.

Guter Thierleim leistet als Kitt vortreffliche Dienste im Trocknen, hat aber die Eigenschaft Feuchtigkeit anzuziehen, wodurch er erweicht. Um diesem Nachtheil zu begegnen, versetzt man ihn mit Leinölfirniss, auf 8 Loth Leim ungefähr 4 Loth Firniss, letzteren in den über Feuer befind-

lichen Leim eingerührt; auf diese Weise kann man hölzerne Wassergefässe, Bottiche etc. damit leimen. Statt Leinöl kann man auch Terpentin, etwa den vierten Theil dem Leim zusetzen und bekommt dadurch einen Kitt zum Aufkitten von Glas oder Metall auf Holz und von Metall auf Glas. Der mit Leim versetzte Kitt kann auch mit gepulverten Substanzen vermengt werden und dient dann als Ausfüllmasse von Rissen, Spalten, mit trockenen Sägespänen und Kreidepulver z. B. als Ausfüllung von Holzspalten.

Hausenblase bindet noch stärker als Leim und wird in Fällen angewendet, wo es ohne Rücksicht auf den Preis, auf eine grosse Haltbarkeit ankommt. Will man eine möglichst konzentrirte Lösung verwenden, so kocht man die Hausenblase nicht mit Wasser, sondern mit einem schwachen Branntwein, der mehr aufnimmt; Hausenblase kittet auch kleine Metallblättchen aneinander; hierzu setzt man der Hausenblasenlösung eine geringe Menge Salpetersäure zu, welche die glatten Metallplättchen anätzt und den Kitt haftbarer an die nun rauhen Flächen macht.

Zur Darstellung des Diamantkittes löst man 2 Th. Hausenblase in 16 Th. wässerigen Alkohol, vermischt die heisse Flüssigkeit mit einer Lösung von 1 Th. Mastix in 16 Th. Alkohol, und fügt noch $^1/_2$ Th. Gummi ammoniacum hinzu; dieser Kitt eignet sich hauptsächlich zum Kitten von von Glas, muss aber warm verwendet werden.

Zum Einkitten von Gläsern in schmale Gold- oder Silberränder leistet ein Kitt aus Hausenblase und Essigsäure vorzügliche Dienste.

Gelatine und doppelkohlensaures Kali geben Chromleim, der in neuester Zeit auch zum Kitten von Glas verwendet wird; man bestreicht hierbei die Bruchstellen möglichst gleichmässig und drückt dieselben zusammen. Setzt man die unter Druck gehaltenen Bruchstellen dann dem Sonnenlichte aus, so wird der Kitt nach wenigen Stunden ungemein fest, indem unter theilweiser Reduktion der Chromsäure ein im Wasser unlösliches Produkt sich bildet, das selbst dem heissen Wasser widersteht. Die Kittfugen sind kaum zu erkennen. Durch Anstrich mit Chromleim lassen sich auch alle Gewebe, Pappe etc. vollständig wasserdicht machen.

Ein Kitt, gegen alkal. Laugen, Aether, Alkohol, Benzol, Schwefelwasserstoff etc. äusserst haltbar besteht aus gewöhnlichem Glycerin und geschlemmter trockener Bleiglätte, erstarrt nach 10—30 Minuten, und dient zum Kitten aller festen Körper; er erträgt eine Temperatur von 220° R., und eignet sich zum Dichten chemisch-technischer Apparate, Dampfmaschinen, Pumpen, im Wasser wie in allen Flüssigkeiten vortrefflich haltend, solch ein Kitt ist auch für schadhaft gewordene Theile von Petroleumlampen verwendbar, wo alle anderen Kitte ihren Dienst versagen.

Die vorzüglichen Eigenschaften des Glycerinkittes sind als Verbindungsmaterial für Stein und Eisen von Prof. Th. Morawski vollständig bestätigt worden; der Kitt wird auch von starken Säuren nicht angegriffen

und ist unlöslich in Benzol, ätherischen Oelen, Schwefelkohlenstoff etc. Die vorzüglichen Eigenschaften eines Kittes aus Bleioxyd und Glycerin beruhen auf der Bildung von Bleiglycerid und erzielt man die grösste Festigkeit, wenn man zu 50 g. Bleiglätte 5 ccm. Glycerin zusetzt; was den Zusatz an Wasser betrifft so wurde als das günstigste Verhältniss ermittelt auf 5 Raumth. Glycerin, 2 Raumth. Wasser zu nehmen. Von dieser Flüssigkeit giebt man dann am vortheilhaftesten 6 ccm. zu 50 g. Bleiglätte[1])

Zu Käsekitten verwendet man frische aus der geronnenen Milch ausgeschiedene Käsemasse (Topfen), Kasëin genannt, und Kalk; beide zusammengerieben geben eine sehr festen Kitt, womit man Körper fast aller Art verbinden kann. Kasëin wird nach abgepresster Molke theilweise mit dem feingepulverten Aetzkalk in einem Mörser abgerieben, wobei vom Kalk $^1/_4$ genommen werden darf. Man kann auch alten trocknen Kasëin nehmen, den man in Stücke zerschnitten mit siedendem Wasser durchknetet, bis er sich zum Schleim auflöst, das Wasser abgiesst, hierauf wieder siedendes Wasser hinzubringt, die Kasëinmasse wieder durchknetet und zuletzt mit dem Kalkpulver zusammenreibt; auch lässt sich frisch gebrannter Kalk vorher mit wenig Wasser gelöscht mit dem Kasëin zusammenreiben.

Für Fälle, wo dieser Kitt mehr Körper haben soll, um Steine, Metall oder Holz zu verbinden, oder zur Ausfüllung von Vertiefungen zu dienen, setzt man gepulverte harte Körper als Cemente bei, gepulvertes Ziegelmehl, Glas- oder Quarzpulver, auch etwas Eiweiss oder Blutwasser; oder löscht den Kalk mit Wasser zu einem dicken Brei und setzt 1,62 Kilogr. gepulverten Quarz und dann 0,50 Kilogr. Kasëin hinzu; die zu verkittenden Stellen werden vorher mit Wasser befeuchtet.

Einen ähnlichen Kitt zur Zusammenfügung von Steinen und Ausfüllung bekommt man aus Kalk mit verhältnissmässig grösserer Menge Eiweiss und Blutwasser, sowie abgerahmter Milch, womit man Ziegelmehl, Steinmehl, feinen Sand etc. vermischt. Er erhärtet langsamer als der Käsekitt und bindet weniger.

Ein aus getrocknetem Kasëin und gepulvertem Kalk (11 Th. Kasëin, 2 Th. Kalk) unter Zusatz von $^1/_{20}$ Th. Kampfer bereiteter Kitt, lässt sich in einem wohlverschlossenen Glase sehr lange aufbewahren, und braucht zur Anwendung nur mit einer passenden Menge Wasser angerührt zu werden.

Eiweiss und Traganthgummi und dazu Kalk mit feinem Ziegelmehl eingerührt giebt einen langsam trocknenden Kitt für Mosaikarbeiten.

Eiweiss mit Weizenmehl zu einem Teig angemacht, giebt einen

---

[1]) Dingler's Polyt. Journ. 1880. B. 235. S. 213.

Kitt für Dampfröhren, weil dasselbe, in der Hitze gerinnend, im Wasser nicht mehr löslich ist.

Einen Blutkitt erhält man, wenn man gleiche Theile zu Staub zerfallenen Kalk und pulverisirten Röthel mit einander mischt und mit Rindsblut zu einem Brei anrührt.

Einen wasserfesten Kitt erhält man, indem man Kalk in Ochsenblut löscht und bis zur teigartigen Konsistenz feines Ziegelmehl darunter mischt.

Die Kaseïnwasserglaslösung zum Kitten von Porzellan, von Glas auf Metall erhält man durch Auflösen von möglichst fettfreiem Käsestoff in dem sechsfachen Gewicht einer konzentrirten Wasserglaslösung; mit gebrannter Magnesia zusammengerührt soll sich das Kaseïnwasserglas durch Bildung von kieselsaurer Magnesia, zur Darstellung von künstlichem Meerschaum eignen.

Löst man aber gereinigtes fettfreies Kaseïn, das man durch Essigsäure aus Milch herausfällt, in der doppelten bis vierfachen Menge einer kalt gesättigten Boraxlösung, so erhält man eine Flüssigkeit, die statt Klebleim oder Mundleim benutzt werden kann; Wollen- und Baumwollenzeuge mit Kaseïn-Borax-Lösung getränkt, können durch Gerbsäure und essigsaure Thonerde gegerbt und in wasserdichte, fast lederähnliche Stoffe verwandelt werden.

Löst man aus Milch mittelst Essigsäure gefälltes Kaseïn in zweifach kohlensaurem Kali oder Natron, so erhält man eine Flüssigkeit, welche in hohem Grade klebende Eigenschaft besitzt.

Stärkekitt, Kleister, wird durch Erhitzen von Stärkemehl oder stärkemehlreichen Mehlarten mit siedendem Wasser erhalten und dient als das am häufigsten gebrauchte Klebemittel für Papier und Pappe.

Bei Bereitung des Kleisters darf nur eine der Siedhitze nahe Temperatur zur Anwendung kommen, zu langes Kochen schadet, ebenso wie beim Leim seiner Haltbarkeit; Zusatz von Terpentin vermindert die Sprödigkeit des Kleisters beim Eintrocknen und macht ihn dem Wasser besser widerstehend, Zusatz von Leim vermehrt seine Bindekraft ganz bedeutend. Zur besseren Konservirung setzt man dem Kleister in den Sommermonaten wohl Alaun bei.

Von den Oelkitten: bei diesen ist das Leinöl oder vielmehr der Leinölfirniss der wesentliche Bestandtheil. Der Oelfirniss trocknet an und für sich schon leicht, um aber seine trocknende Eigenschaft noch zu erhöhen, mischt man ihm gewöhnlich Bleiweiss durch Abreiben bei oder auch geschabte Kreide. Man kann diesen Firniss schon für sich als Kitt zu mehrfachen Zwecken benutzen, im Grossen versetzt man ihn aber mit einer Mengung von gepulverter Bleiglätte, Zinkweiss und gepulverter Kreide oder mit an der Luft zerfallenem Kalk, indem man diese Körper in einem Mörser durch Stossen mittelst der Keule vereinigt. Die Blei-

glätte oder auch Mennige und Kreide setzt man nach und nach zu, bis man einen Teig von der nöthigen Konsistenz erhalten hat.

Die damit zu kittenden Stellen bestreicht man vorher mit Firniss; man kann mit solchem Kitte Ziegel und Steine zu Wasserbehältern, Terrassen etc. verbinden, auch ist er für Dampfröhren und Wasserleitungen sehr anwendbar; für letzteren Fall werden Wergschnüre damit imprägnirt und diese in die Röhrenfugen eingetrieben.

Das Erhärten der Oelkitte wird bewirkt durch eine vor sich gehende Verseifung der Fette und durch die Bildung von fettsauren Salzen des Blei, Zink oder der sonst zugefügten Materialien.

Ein Rezept für einen Oelkitt ist zu finden in d'Avilier's Werk der gesammten Civil-Baukunst, übersetzt und herausgegeben von Leonh. Chr. Sturm (Amsterdam 1699); dies Rezept ist den Werken des sehr fleissigen und berühmten Augsburger Baumeisters Furtenbach (1635) entnommen und lautet:

„Oelkütt. Erstlich den Kalch zu präpariren. Man nehme ein schön gantzes Stück ungelöschten Kalch, denselben in ein Geschirr gethan, ein wenig Wasser daran gegossen, dass er sausset und also abgelöscht wird, hernach das Wasser wiederum daran gegossen, so zerkreisset der Kalch, und wird zu druckenen Mehl, dieses mag man nun auffbehalten, und gebrauchen wie folget. Der Satz zum Oelkütt. 12 Loth des obgedachten abgelöschten Kalchmehls, das solle aber in ein besonder Geschirlein gethan, davon am ersten etwan nur den halben Theil ungefährlich genommen; das übrige aber beyseits gesetzet, das wird aber hernach auch allgemach darein geknetet, in eine Schüssel gethan, darin gestreuet 4 Loth schön weiss Brodmehl oder Kernenmehl, wohl untereinander gemenget. Ferner 4 Loth Leinöl darein gegossen wohl umgerühret, und zu einem Täig gemacht, jedoch immerzu gekneten, entzwischen aber und allgemach das bey Seite gesetzte Kalchmehl darein gestreuet."

„Wann es nun wol also abgekneten, so muss man $^3/_4$ Loth saubere Baumwollen, aber sehr wenig zuerst, und nur Fässlein weiss darunter kneten, alsdann diesen Teig mit einem Brügel wohl schlagen, indessen immer des viel berührten Kalches zum Drocknen zusprengen, bis endlich oben gemeldete 12 Loth Kalchmehl gar verbrauchet worden. Nach so langen Schlagen aber, so wird er fein stark, also dass er weder an dem Brügel, viel weniger an den Händen anklebet, sondern gar sauber anzugreifen ist. Also ist dieser Oelkütt fertig, welcher an Hitze und Kälte und Wasser zustehen guten Umstand hat, man kann die Fugen zwischen den Quaderstücken auch Stein auff Stein, Holtz auff Holtz, wie auch die Röhrkasten damit verkütten. In gar grossen Grotten aber, da Hölen oder Pfeiler und Gewölber von Quaderstein oder Tuffstein gebaut sind, kann man den Stein zuvor mit Leinöhl anfeuchten, alsdann das Kütte darauf streichen. Dabey ist zu observiren, dass man dieses Kütt nicht

gar zu viel auff einmahl machen darff, weil es bald erhärtet; gleichwohl, und woferne es in einen Keller geleget wird, lässt es sich etliche Tage erhalten, jedoch muss man es dazwischen mit etwas Leinöhl anfeuchten und bissweilen schlagen oder kneten.“

Stephenson mischt 2 Th. Bleiglätte, 1 Th. feingeschlämmten Sand und 1 Th. zu Pulver gelöschten Kalk mit heissem Leinölfirniss.

Kreye'scher Oelcement wird vielfach verwendet zum Belegen von steinernen Treppen, Terrassen, Plattformen und Fussböden; auf einen Zentner Chamottmehl werden 4,5 Kilogr. gestossene und gesiebte Bleiglätte hinzugesetzt und zu je 5 Kilogr. dieser Mischung 1 Liter Leinöl zur Bildung des Kittes beigegeben; das Leinöl muss, nachdem es vorher abgekocht worden ist, in heissem Zustande unter kräfttigstem Durcharbeiten der Masse langsam beigegeben werden; da aber das Gemisch bei dem Abtrocknen des hinzugesetzten Oels sogleich zu erhärten beginnt, so darf das Anrühren damit nur kurz vor dem Gebrauche geschehen.

Bei der ausserordentlichen Härte, die dieser Kitt erhält, genügt um Treppenstufen gegen Austreten zu schützen ein Ueberzug von 2—4 Millm. Die zu belegenden Flächen müssen nach vorhergegangener Reinigung mit heissem Leinöl getränkt werden. Der Kitt hat erhärtet eine schöne gelbe Farbe, kann aber auch hauptsächlich durch Bolus, Mennige, Caput mortuum, frankfurter Schwarz und Terra sienna gefärbt werden und lassen sich dadurch Fussböden mit eingelegten Streifen und Verzierungen, mit einem Worte, eine Art farbiger Mosaik von brillanten Farben herstellen, die sich durch vorzügliche Dauer auszeichnet.

Clark's oder Hamelin's auch Schipmann'sche Mastix-Cement leistet da ausgezeichnete Dienste, wo es sich darum handelt, nasse Stellen in Mauern zu beseitigen; es genügt ein dünner Auftrag von 4 Millm., welcher in 14 Tagen vollständig, bis zur Kalksteinhärte fest wird und über den man dann malen und tapeziren kann, ohne fürchten zu brauchen, dass die Nässe sich je wieder zeigt. Man mengt entweder 30 Gewichtsth. guten gewaschenen und gesiebten Sand, 70 Th. gepulverten, weissen Kalkstein und 3 Th. Bleiglätte, oder auch 35 Th. Sand, 62 Th. Kalkstein 3 Th. Bleiglätte, und mischt sie recht innig untereinander; auf je 200 Kilogr. dieser erhaltenen Masse rechnet man 15 Kilogr. des besten alten Leinöls, das $^1/_2$ Stunde gut abgekocht wird, und in welches nach und nach das Cementpulver bis zur gehörigen Konsistenz eingemengt und tüchtig durchgearbeitet wird; der früher durchnässte Putz ist selbstverständlich vor dem Auftragen des Kittes zu entfernen, die Fugen auszukratzen, die Mauer selbst einige Linien tief künstlich durch Kohlenfeuer auszutrocknen und endlich mit Leinöl zu tränken; der Putz selbst wird wie gewöhnlicher Mörtel mit der Kelle aufgetragen und glatt gestrichen.

Zur Bereitung des Mastic Serbat reibt man 50 Th. Zinkoxyd und

50 Th. schwefelsaures Bleioxyd mit 36 Th. Leinöl zusammen, fügt 100 Th. gemahlenen Braunstein und 100 Th. Englischroth hinzu, stösst die Masse 12 Stunden in einem gusseisernen Mörser und fügt allmälig noch 100 Th. Braunstein und 100 Th. Englischroth hinzu. Die Masse muss sich ohne zu brechen zwischen den Fingern rollen lassen.

Für Wasserleitungsröhren mischt man 24 Th. Cement, 8 Th. Bleiweiss, 2 Th. Bleiglätte, 1 Th. Kolophonium sorgfältig zusammen und macht 2,5—3 Kilogr. dieses feinen Pulvers mit 250 Gr. altem Leinöl, in welchem man 125 Gr. Kolophonium aufgelöst hatte zum Kitt an.

Um Metall auf Glas zu befestigen werden 100 Th. fein pulverisirte Bleiglätte mit 50 Th. trockenem Bleiweiss innig gemischt und mit 3 Th. gekochtem Leinöl und 1 Th. Kopallack zu einem knetbaren Teig verarbeitet.

Oelkitte aus reinen Bleipräparaten (Mennige, Bleiweiss), wie man sie wohl häufig zum Kitten von Dampfröhren verfertigt, sind sehr theuer; eine billigere Zusammenstellung besteht aus 1 Th. Mennige, $2^1/_2$ Th. Bleiweiss, 1 Th. Thon; Mennige und Bleiweiss werden für sich sehr fein gerieben, ebenso der Thon, der vollständig trocken sein muss; dann mischt man die Ingredienzien und giesst gekochtes Leinöl zu. Vorsichtiges Zusetzen des Leinöls und fortwährendes Durcharbeiten und Schlagen sind Bedingungen für das vollständige Gelingen des Präparates.

Der Mennigkitt soll ferner durch eine Mischung von 6 Th. Graphit, 3 Th. zu Pulver gelöschtem Kalk, 3 Th schwefelsaurem Baryt und 3 Th. gekochtem Leinöl weit übertroffen werden.

Der Glaserkitt besteht aus Schlämmkreide, die mit möglichst wenig Leinölfirniss zu einer plastischen Masse gestossen wird.

Einen vorzüglich guten Steinkitt bekommt man nach folgender Vorschrift:

Man erhitzt 2 Pfund Leinöl auf Kohlenfeuer und rührt dazu gleiche Theile Quarzsand und gepulverte Bleiglätte, beides vorher gut gemengt, so dass man eine Art Brei erhält. Dieser Kitt wird heiss verwendet und muss sofort verarbeitet werden.

Ein anderer Steinkitt wird hergestellt aus 3 Vol. an der Luft zerfallenen Steinkalk, 1 Vol. Eisenfeilspäne, $1^1/_4$ Vol. feinen Kieselsand, $1^1/_4$ Vol. fein gestossenes Glas, $1^1/_2$ Vol. feinstes Ziegelmehl, $1^1/_2$ Vol. pulverisirten Bimsstein und 2 Hände voll Kuhhaare; das Ganze wird tüchtig mit einander vermischt und dann mit 2 Liter Leinöl kräftig zu einem geschmeidigen Kitt durchknetet: die Stellen des Steines, auf welche dieser Kitt aufgetragen wird, sollen vorher mit Leinölfirniss gut bestrichen werden.

Kopalfirniss mit Zinkoxyd liefert einen vorzüglichen Kitt, ist aber für die meisten Anwendungen zu theuer; dasselbe gilt von den Lamenand's Kitten, die zum Befestigen von Metallgegenständen auf Glas, Marmor, Holz etc. dienen; sie bestehen aus Kopalfirniss mit viel Bleiglätte, gekochtem

Leinölfirniss, Terpentinöl, Leim, Kalk, Bleiweiss in verschiedenen Verhältnissen. Durch Auflösen von Alaunseife in erwärmtem Leimölfirniss erhält man einen sehr leicht zu verstreichenden vollkommen wasserdichten Kitt.

Um Medaillen auf Glas zu kitten nimmt man 2 Th. fein gepulverte Silberglätte mit 1 Th. trockenem Bleiweiss aufs Innigste gemengt. Dies Gemenge wird mit gekochtem Leinöl und Kopallack zu einem knetbaren Teig verarbeitet; auf 3 Th. gekochtes Leinöl nimmt man 1 Th. Kopallack, und setzt so viel Glätte und Bleiweiss hinzu, dass sich ein zäher Teig bildet.

Von den Harzkitten; den vorzüglich wirkenden Bestandtheil dieser Kitte bildet das Harz, welches geschmolzen zwischen die Flächen der zu verbindenden Körper gebracht wird. Diese Kitte vertragen das Wasser, aber keine höhere Wärme; die Verkittung erfolgt, sobald das Harz erkaltet ist, mithin sehr schnell. Im Kleinen kann man verschiedene Harze verwenden, z. B. beim Verkitten von Gläsern nimmt man ihrer Leichtflüssigkeit, Durchsichtigkeit und hellen Farbe wegen gewöhnlich Mastix. Häufig kittet man auch mit Schellack; im Grossen jedoch nimmt man in der Regel Kolophonium oder Pech, theils ohne, theils mit Zuschlägen von Cement, Sand, Ziegelmehl, gepulverter Kreide oder Kalkstein, Gyps etc.; soll der Kitt grosse Härte bekommen, versetzt man ihn mit Schwefel, soll er weniger hart und spröde sein, mit Wachs, Asphalt, Talg, Terpentin oder Steinkohlentheer.

Solche Kitte dienen vorzüglich zur Verbindung von Steinen, zum Auskitten von Terrassen, zur Herstellung eines die Feuchtigkeit abhaltenden Mauerwerkes, auch zur Verbindung von Stein auf Holz oder Eisen und zum Einkitten des letzteren in Stein; jedoch nur in Fällen, wo der verkittete Theil keiner höheren Wärme und der Kitt keiner mechanischen Beschädigung ausgesetzt ist.

Um ihn dauerhaft anzuwenden, müssen die zu verbindenden Theile jedesmal gehörig erwärmt werden, weil derselbe um so besser in dieselben eingreift, je weniger ihre Temperatur eine geringere ist. Meistens setzt man dem Peche oder Kolophonium gelbes Wachs zu. Auch ist Kolophonium für sich zu spröde und erfordert einen Zusatz von gelbem Wachs oder etwas Terpentin.

Nach Furtenbach (1635) besteht das Stuchator-Kütt aus:

„12 Loth Kolofonii, 1½ Loth gelb Wax, 1 Loth Venedisch Terpentin, ½ Loth gestossen Mastix — alles in einen Kessel auf dem Feuer zergehen lassen, alsdann zwei Handvoll von weissen Marmelstein oder anderen harten Stein gestossen Mehl, oder in Mangel dessen, gut Ziegelmehl darein gestreuet, stetigs wol umgerühret, so wirds ein Täig, damit kann man die Fugen der Quaderstücken zusammen kütten, das hält am Wasser, Kälte und Sonnen, welches die Italiener bey ihren Gebäuden gar viel gebrauchen."

Mastix und Leinöl zu gleichen Theilen geben einen Kitt für Bernstein und Schildpatt; andererseits verwendet man zu gleichen Zwecken 18 Th. Mastix, 39 Th. Schellack, 2 Th. venetianischen Terpentin, die in 120 Th. sehr starken Weingeistes gelöst werden; nach vorgenommenem Filtriren wird das Ganze zu der Konsistenz eines dünnen Syrups verdunstet.

Ein Drechsler-Kitt wird hergestellt aus 1 g. burgundischem Pech, 75 g. gelbem Wachs; beides zusammengeschmolzen und mit 1 k. spanischer Kreide gut verrührt.

Schellack ist seiner Sprödigkeit wegen für sich allein zum Kitten nicht recht geeignet, und man verwendet deshalb wohl Mischungen, die aus 5 Th. Schellack, 1 Th. Terpentin, 1 Th. Wachs bestehen. Zum Einkitten von Klingen, Feilen, Messern, Gabeln etc. in hölzerne Griffe dient ein gepulvertes Gemenge von 2 Th. Schellack und 1 Th. Kreide; die Oeffnung des Holzgriffes wird hiermit gefüllt und der erwärmte Eisentheil hineingepresst.

Einen vortrefflichen Kitt für Aquarien bildet ein zusammengeschmolzenes Gemenge von gleichen Theilen Schellack und Bimssteinpulver; die zu verbindenden Stücke werden mit einer weingeistigen Lösung von Schellack bestrichen.

Pulverisirter Schellack in dem 10 fachen Gewicht starken Ammoniaks eingeweicht, giebt eine durchscheinende Masse, welche in 3 bis 4 Wochen ohne Anwendung von heissem Wasser flüssig wird. Diese Flüssigkeit macht den Kautschuk weich: nach Verflüchtigung des Ammoniaks erhärtet er jedoch und ist dann für Gase und Flüssigkeiten undurchdringlich.

Ein gewöhnlicher Harz-Steinkitt besteht aus 7—8 Th. Kolophonium oder Pech, mit 1 Th. Wachs zusammengeschmolzen und etwa ¼ Th. Gyps hinzugemengt; dieser Kitt wird auf die stark durch Kohlen erwärmte Steinfläche aufgegossen und die Steine möglichst zusammengepasst, um überflüssige Kittmassen zu vermeiden.

Ein ähnlicher Kitt wird bereitet aus 24 Th. Kolophonium oder Pech, 3 Th. Wachs, 2 Th. Terpentin mit Ziegelmehl; für feinere Verkittungen aus einer Mischung von 12 Th. Kolophonium, 3 Th. venetianischen Terpentin, 1 Th. Wachs, 2 Th. Mastix mit einem kleinen Zusatz von Ziegelmehl oder Gyps.

Beim Kitten von Eisen auf Stein (auch Holz) ist ein Zusatz von Schwefel der Härte wegen besonders nützlich; einem solchen Kitte setzt man auch Eisenfeile oder Hammerschlag zu, z. B. es wird 500 Gr. Harz mit 125 Gr. Schwefel geschmolzen und eine Mengung von Eisenfeile und feinem Sand oder Ziegelmehl eingerührt; oder: 500 Gr. Schwefel wird mit 500 Gr. Pech geschmolzen, und feiner Sand oder Ziegelmehl zur gehörigen Konsistenz eingerührt.

Man kann auch Pech und Asphalt zu gleichen Theilen zusammen-

schmelzen und mit Ziegelmehl mengen. Aus 3 Th. Asphalt, 2 Th. Kolophonium, 1 Th. Wachs und 4 Th. Sand, Ziegelmehl oder gepulvertem Kalkstein bekommt man gleichfalls einen guten Steinkitt.

Ein Kitt für Glas besteht aus einer dicklichen Lösung von Asphalt in Theeröl, der feine Mennige und etwas Glycerin zugefügt wird.

Steinkohlentheer wird vorher etwas abgedampft; zur Zusammenfügung irdener Wasserröhren dient ein Kitt von 3 Kilogr. Steinkohlentheer, zur Hälfte abgedampft, 500 Gr. Schwefel und 125 Gr. Talg in der fliessenden Masse aufgelöst und dann 1 Kilogr. Sand oder Ziegelmehl eingerührt.

Unter dem Namen Zeiodellit kommt eine Masse in den Handel, die zum Ersatz der Bleiplatten in der Schwefelsäurefabrikation empfohlen wurde, sich aber auch vorzüglich zum Kitten eignet und als Ueberzug statt des Asphaltes brauchbar ist. Die Masse besteht aus 19 Th. Schwefel und 42 Th. feingepulverten Steinzeugs oder Glases. Der Schwefel wird zum Schmelzen erhitzt, das Steinzeug oder Glaspulver eingerührt und die geschmolzenen Massen in Formen gegossen.

Zu den Harzkitten ist wohl auch der Marineleim, Schiffsleim, Seeleim von Jeffery zu zählen; es besteht derselbe aus einer Vereinigung von Kautschuk und Gummilack (Schellack) oder Asphalt, die man in Steinöl auflöst. Eine besonders zum Zusammenleimen von Holz, das unter Wasser kommt, dienliche Art wird in folgender Weise bereitet:

Man mischt 500 G. Kautschuk — in dünne Streifen geschnitten — mit 4 Gallonen[1]) Steinöl und rührt beides so lange zusammen, bis ersteres aufgelöst ist, und die Lösung die Konsistenz eines dicken Rahmes hat (in 10 — 12 Tagen). Nun setzt man 2 Gewichtstheile Gummilack oder Schellack zu einem Theil dieser Lösung und bringt die Mischung in ein eisernes Gefäss, welches unten mit einem Hahne versehen ist; dies Gefäss wird erhitzt und darin die Masse so lange gerührt, bis sie vollkommen gleichartig ist. Der Leim ist dann fertig und wird durch den Hahn noch warm abgelassen, dann auf Steinplatten abgekühlt, beim Gebrauche aber in einem Gefässe wieder erhitzt. Man macht ihn flüssig bei einer Temperatur von 104° R., die nicht überschritten werden darf, weil eine stärkere Hitze nachtheilig auf seine Bestandtheile, besonders auf das flüchtige Oel desselben wirken würde. Um diesem Nachtheile zu begegnen, ist es am besten, ihn durch ein Wasserbad zu erhitzen. Da er schnell erhärtet, so muss er sogleich verwendet werden.

Man hält dafür, dass sich dieser Leim nicht nur durch Bindekraft auszeichne, sondern auch den Vorzug von Elasticität, Unauflöslichkeit im Wasser und Undurchdringlichkeit gegen dasselbe besitze, und hält ihn für ein ganz vorzügliches Material, um besonders Schiffsbauholz und jede Art Bauholz, besonders auch für den Eisenbahnbau auf's Dauerhafteste gegen

---

[1]) 1 Gallone = 4,543 L.

Feuchtigkeit zu schützen, dann unter Wasser gesetztes Holzwerk aneinander zu leimen, Steine, an die er sich sehr gut anlegt, unter Wasser zu verkitten, Metalle zu überziehen, Fugen oder Risse und Sprünge, besonders bei Gegenständen unter Wasser, auszufüllen. Er hat übrigens alle Proben ausgehalten, dass er im Wasser nicht nur nicht erweicht, auch nicht aufquillt, sondern auch jedem Wechsel der Temperatur und der Witterung widersteht und gehört daher zu den vorzüglichsten Kitten.

Hiesige Steinmetze bedienen sich folgender Kitte:

1. Feuerkitt. 500 Gr. Kolophonium oder feines Pech, 125 Gr. Schwefel und 30 Gr. Terpentin werden zusammen erwärmt und geschmolzen. Dazu kommt 500 Gr. Marmorstaub von derselben Farbe, die der Kitt erhalten soll. Man rührt diese Materialien auf gelindem Feuer um, und giesst nach fleissiger Mengung den Kitt portionsweise auf einen nassen Stein aus.

2. Steinkitt, zum Einlassen in Steinporen, Fugen und Adern. 500 Gr. Kolophonium, 625 Gr. Wachs, 15 Gr. Terpentin werden mit einander gekocht, dann in warmes Wasser gegossen, hierauf die Masse herausgenommen und fest mit den Händen abgearbeitet, bis derselbe erkaltet.

3. Glanzkitt für Steine, welche polirt werden sollen; man nimmt etwa 125 Gr. Schwefel mit Steinstaub von der Farbe, die der Stein hat; beides wird zusammen geschmolzen.

4. Weisser Kitt, zu weissen Steinen dienlich. 30 Gr. Walrat und 15 Gr. weisser Marmorstaub zusammen geschmolzen.

In neuerer Zeit verwendet man einen Kitt für Ofenthüren, der durch Ankneten von Asbest mit Essig entsteht; dem Essig setzt man etwas gelösten Borax bei, so dass eine plastische Masse sich bildet, der noch eine geringe Menge von feinem Lehm beigemischt wird.

(Bituminöser Steinkitt, siehe Asphalt.)

Von den Rost- oder Eisenkitten; die wesentlichsten Bestandtheile dieser Kitte sind Eisenfeilspäne, welche solche Zusätze erhalten, dass sie oxydiren oder Rost bilden, wodurch sie einen grösseren Raum einnehmen und die zu verkittenden Fugen mit dichter Masse ausfüllen. Solche Kitte taugen vorzüglich zur Verbindung eiserner Röhren von Wasser- und Dampfleitungen, auch für Wasserbehälter, welche aus Eisenplatten bestehen, und zum Einkitten von Stein und Eisen, sowie zur Ausfüllung der Fugen steinerner Platten von Terrassen und Wasserbehältern. Es müssen aber solche Kitte, damit sie die gehörige Festigkeit erlangen, zusammengepresst werden; bei eisernen Röhren und Behältern durch Zusammenziehen mittelst Schrauben, in anderen Fällen durch Schlagen mit einem stumpfen Meissel. Sie widerstehen dem Wasser und dem Feuer, sind daher auch für eiserne Sudkessel anwendbar.

Man bereitet die Eisenkitte gewöhnlich, indem man Eisenfeile mit

Essig (Weinessig) oder mit verdünnter Schwefelsäure (auf 30 Th. Wasser 1 Th. Säure) anrührt; oder man vermengt Eisenfeile mit der Hälfte ihres Gewichtes Eisenvitriol, bildet mit Essig einen Brei daraus und kittet damit. So bereitet dient der Kitt besonders zum Verkitten der Steinfugen von Wasserbehältern. Zur Verbindung hingegen der Eisenränder sowohl von Schmiede- als Gusseisen, wird die Eisenfeile mit Schwefel und Salmiak versetzt, wodurch sowohl Eisenrost, als auch etwas Schwefeleisen entsteht, was die Haftung des Kittes verstärkt. Für solchen Kitt nimmt man auf 98 Th. Gusseisenfeile, welche vorher gesiebt sind, 1 Th. Schwefel, vermengt beides und rührt das Gemenge mit siedendem Wasser an, worin 1 Th. Salmiak aufgelöst ist. Das Wasser soll hinreichen, dass man einen mörtelartigen Brei bekommt. Die Eisenfugen, wohin der Kitt kommt, müssen vor dem Auftragen blank geschabt werden, und der Kitt selbst ist sofort zu verbrauchen.

Man kann auch 2 Th. gepulverten Salmiak und 1 Th. Schwefelblumen in einem Mörser vermengen und in einem verschlossenen Gefässe aufbewahren. Will man den Kitt gebrauchen, so nimmt man 1 Th. dieses Pulvers und 20 Th. Eisenfeilspäne und rührt nach guter Mengung beides mit einander in Wasser an.

Hat der Kitt die Glühhitze auszuhalten, z. B. in Röhrenstücken, welche im Feuer liegen, so nimmt man 4 Th. Eisenfeile, 2 Th. schwefelfreien Thon und 1 Th. Porzellankapselscherben und rührt das Ganze mit einer gesättigten Salzauflösung zu einem Teige an.

Man macht auch Rost-Feuerkitt, indem man 5 Th. Eisenfeile mit 1 Th. dem Gewichte nach feingesiebten Thon vermengt, das Gemenge mit Weinessig anrührt und es bis zur Erhitzung stehen lässt, worauf es schnell verbraucht werden muss. Beim Gebrauche giesst man noch etwas Essig dazu und bringt den Kitt auf die gereinigten, vorher mit Essig befeuchteten Fugen.

Weitere Eisenkitte werden empfohlen und bestehen aus:

6 Th. Eisenfeilspähne, 1 Th. geglühten feinen Kieselsand, 1 Th. gepulverten frischen Kalk, alles mit Wasser zu einem steifen Brei angemacht, oder

120 Th. Eisenfeilspähne, 2 Th. Salmiak, 1 Th. Schwefelblumen und Wasser; dies giebt einen brauchbaren Kitt, um luftdichte Ofenthüren zu verkitten.

Soll der Kitt sehr massig werden, z. B. zum Ausfüllen weiter Fugen, so verwendet man: 3 Th. gebrannten Gyps, 1 Th. Eisenfeile, 1 Th. Hammerschlag, 1 Th. Kochsalz, alles fein zerstossen, vermengt und mit Ochsenblut zu einem steifen Brei angemacht.

Nach Winkler: Eisenkitt: 16 Th. reine Schmiedeeisenfeilspäne, 3 Th. gepulverter Salmiak, 2 Th. Schwefelblumen; diese Mischung lässt sich in trockenem Zustande unverändert aufheben. Beim Kitten scheuert man

die zu kittenden Stellen vollständig blank und mengt 1 Th. der oben angegebenen Mischung mit 12 Th. Eisenfeilspähnen und soviel mit einigen Tropfen Schwefelsäure versetztem Wasser zusammen, dass eine Art steifer Paste entsteht; diese als Kitt verbraucht, giebt eine höchst dauerhafte Verbindung.

Aeusserst empfehlenswerth sind statt der Eisenfeile Ferrum pulveratum der Apotheken.

Zu den neuesten Kitten gehört Sorel's Kitt aus Zinkoxyd und Chlorzinklösung: Durch Einrühren von Zinkoxyd in eine konzentrirte Lösung von Chlorzink bildet sich eine steinharte Masse, bestehend aus einer basischen Chlorverbindung des Zink, dem Zinkoxychlorür. Die Masse wird um so härter, je schwerer und dichter das Zinkoxyd und je konzentrirter die Chlorzinklösung ist. Das Gemenge von Chlorzink und Zinkoxyd lässt sich wie Gyps ausgiessen und füllt die Formen sehr scharf aus; wohlfeiler wird dieser Kitt durch Beimengung von Eisenfeile oder harten Steinen. Sorel verwendet die geschlämmten Rückstände von der Zinkweissfabrikation oder glüht Zinkoxyd in starkem Feuer; die Chlorzinklösung soll eine Konzentration von 50—60° B. besitzen; durch Auflösen von 3 Prozent Borax oder Salmiak in der Chlorzinklösung soll die Masse besser und schneller erhärten.

Der Chlorzink-Zinkoxyd-Kitt eignet sich vorzüglich zum Einkitten von Eisen oder anderen Metallen in Stein. Man glüht auch wohl mit Salpetersäure befeuchtetes Zinkoxyd in einem Tiegel, zerreibt das so erhaltene sehr harte und dichte Zinkoxyd zu sehr feinem Pulver, und rührt dies mit Zinkchlorid von 1,9—2,0 spez. Gew. zu einer knetbaren Masse an; die Masse erhärtet in wenigen Minuten und zeichnet sich durch grosse Haltbarkeit aus.

(Kitt von Wasserglas, siehe dieses.)

Als allgemeine Regel für die Benutzung der Kitte gilt noch, dass die Flächen, welche verkittet werden sollen, möglichst genau auf einander passen, nicht nur weil dadurch die Berührungspunkte vermehrt, sondern auch die Kittlagen möglichst dünn werden, dadurch ist die gegenseitige Anziehung zwischen den Kitttheilen und den Theilen der Verkittungsflächen grösser, da erstere nicht überflüssig vorhanden sind, und daher die Kittmasse auch leicht erhärtet und wenig oder gar nicht springt. Vortheilhaft ist es, die gekitteten Gegenstände zusammenzupressen und so lange unter diesem Druck ruhig zu erhalten, bis der Kitt vollständig erhärtet ist.

C. Der Asphalt

gehört zu den ältesten bekannten Baumaterialien, und wird von den alten Schriftstellern vielfach erwähnt und beschrieben. Vitruv im VIII. Buch 3. Kap. sagt: „in Babylon schwimmt auf der Oberfläche eines Sees, der Limne Asphaltitis heisst, ein flüssiges Erdharz, aus welchem nebst Brandsteinen Semiramis die Ringmauer Babylons erbaut habe. Ingleichen sind in Joppe in Syrien und in dem nomadischen Arabien Seen von ungeheurer Grösse, welche grosse Stücke Erdharz auswerfen, die von den Anwohnern aufgelesen werden. Man darf sich hierüber nicht wundern, denn es giebt dort häufig Gruben, worin hartes Harz gewonnen wird. Wenn nun das Wasser mit Gewalt durch das harzige Erdreich hindurch bricht, so reisst es von dem Harze mit sich fort, scheidet sich aber, wenn es zu Tage ausfliesst, wieder davon und setzt es ab."

Plinius XXXV. Buch, 51. Kap. sagt: „das Erdharz kommt bald schmierig, bald erdig vor; beide Arten verdichten sich aber und werden fest. Auf Sicilien in einer agragantischen Quelle, wo es einen Bach verdirbt, kommt es auch fettartig und flüssig wie Oel vor (Petroleum). Die Anwohner sammeln es mit Rohrbüscheln, an die es sich sogleich anhängt, und bedienen sich desselben in ihren Lampen statt des Oels." Nachdem Plinius das Erdharz als eine Art Universalmittel gegen alle Krankheiten für Mensch und Vieh behandelt hat, erwähnt er am Schluss dieser Abhandlung: es vertritt auch die Stelle des Kalkes, namentlich sind die Mauern von Babylon damit gekittet, auch braucht man es gern in den Eisenwerkstätten, um Eisen und Nägelköpfe damit zu färben" (offenbar um sie gegen das Rosten zu schützen). Im V. Buch 16. Kap. spricht Plinius von dem See Asphaltites in Judäa, der nur Asphalt hervorbringt. „Er nimmt keinen thierischen Körper in sich auf, Rinder und Kamele schwimmen darauf, und daher ist die Sage entstanden, dass überhaupt Nichts in ihm versinke."

In dem bei den Oelkitten citirten Werke von d'Avilier heisst es:

„Hiebey muss ich auch gedenken, dass man in den Reisebeschreibungen von Persien findet, dass sie daselbst an vielen Orthen mit Hartz mauern, ja Petr. Della Valle bezeuget, dass er Rudera von gar uhralten Gebäuden gefunden, welche solcher Gestalt mit Hartz verbunden worden, welches dann die Steine annoch sehr fest auff einander halte. Nun wird solches Hartz in Persien auff dem Felde gegraben. Es sind aber anjetzo auch die Teutschen Felder an verschiedenen Orten reich an Hartz, und wäre daher wohl zu glauben, dass hin und wieder dasselbe bei Mangel an Kalch könnte gebrauchet werden.“

Asphalt (Erdpech, Judenpech) ist ein bituminöses Harz, pechschwarz, fettig, von muscheligem Bruch, kugelig, nierenförmig tropfsteinartig in Körnern als Ueberzug (auf Kalkspath, Quarz etc.) derb und eingesprengt, hat Gypshärte und 1,07—1,16 spez. Gewicht, ist bei 80° R. schmelzbar und brennt mit starkrussender Flamme. Bei trockener Destillation giebt Asphalt ein brenzliches Oel (Petrolin), brennbare Gase und ein Drittheil seines Gewichtes an Kohle; in ätherischen Oelen und Steinöl löst es sich leicht, mit Aether behandelt hinterlässt es dagegen einen schwarzen Rückstand (Asphaltin), der sich in Stein- oder Terpentinöl leicht löst.

Der Asphalt besteht aus mehreren Kohlenwasserstoffverbindungen und einer sauerstoffhaltigen.

Er kommt in Erzlagerstätten und in Kalk- und Sandsteinen verschiedener Formationen vor, indem er dieselben durchdringt. In der Trias der Tyrol. und Bayer. Alpen (Seefeld, Oelgraben in der Vorderriess etc.) treten interessante Einlagerungen von Asphaltsteinen auf; es sind vorherrschend imprägnirte dünnschiefrige Schichten im Dolomitgestein, welche Fisch- und Pflanzenreste einschliessen und wohl als Asphalt-, Brand-, Oel- oder Fischschiefer bezeichnet werden[1]).

Ferner sind gewisse Kalksteine der Juraformation derart mit Asphalt imprägnirt, dass sie als sogenannter Asphaltstein benutzt werden; es scheint jedoch dass dieser Asphalt ein jüngerer Eindringling ist, welcher während der Tertiärperiode in das Juragestein gelangt ist. Bekannt sind solche Vorkommen z. B. von Seyssel (Dep. de l'Ain), von der Insel Brazza bei Spalatro und von einigen anderen Punkten Dalmatiens.

In der Nähe von Seyssel befinden sich sehr bedeutende Aspaltgruben, und ragt dort unter der tertiären Molasse eine Kalkstein - Ablagerung der Juraformation hervor, deren ungeschichtetes Gestein mit Asphalt imprägnirt und von Asphaltadern durchzogen ist; dasselbe ist aber auch der Fall mit der aufliegenden Molasse, in welcher die Asphaltadern noch viel stärker ausgebildet erscheinen.

Auf der Insel Brazza liegen in einem gelblichweissen Jurakalksteine

[1]) Gümbel, geogn. Beschr. der Bayer. Alpen. S. 319.

mehrere Dolomitschichten von 3—4 m. Mächtigkeit, welche ebenfalls mit Asphalt durchdrungen sind und steinbruchartig gewonnen werden. Im Braunschweigischen bei der Karlshütte, so wie auch sonst anderwärts, sind bedeutende Schichtenkomplexe der Juraformation von Bergpech durchdrungen.

Auch die Neocomkalke der unteren Kreideformation sind oft mehr oder weniger mit Asphalt imprägnirt, während zwischen den Schichten und auf Klüften sich der reine Asphalt in grossen Massen abgelagert hat; im Val de Travers im Canton Neuchâtel finden sich solche 10 m. hohen Lager von Asphaltsteinen mit 10—20 pCt. Asphalt und werden sehr ausgiebig ausgenutzt. In Dalmatien und auch in Neu Granada finden sich innerhalb der Kreideformation bedeutende Asphaltlager.

Als aussergewöhnliche Einlagerungen auf Flötzen, Putzen, Nestern und Spalten erscheint auch der Asphalt häufig in der älteren Tertiärformation dem Eocän so am Kressenberg, Grünten, woselbst er noch ganz weich vorkommt.

Am bekanntesten ist sein Vorkommen auf dem todten Meere, wo besonders nach Erdbeben Klumpen Asphalt auf dem Wasser umhertreiben; wahrscheinlich findet sich auf dem Grunde des Sees ein Asphaltlager. Noch merkwürdiger aber hinsichtlich des Vorkommens des Asphaltes ist der Pechsee auf der Insel Trinidad. Er liegt auf dem höchsten Punkte der Insel und verbreitet einen Geruch, der viele Meilen weit sich bemerkbar macht; er ist etwa 1000 Schritt lang und misst in seiner grössten Breite 120 Schritte.

Beim ersten Anblick könnte man ihn für einen Wassersee halten, in grösserer Nähe aber gewinnt er das Ansehen einer Glasfläche; zahlreiche Wasserbassins befinden sich darauf, und die tiefen Spalten und Risse, welche die Asphaltmasse durchfurchen, sind ebenfalls mit Wasser gefüllt, in welchem Fische und Frösche spielen, denn das Wasser ist vollkommen frisch und gut. Bei heissem Sonnenschein kommt die ganze Oberfläche die sonst einen Menschen trägt, wohl einen Zoll tief in Fluss und wird weich, so dass man sie dann nicht betreten darf. Die Tiefe des Sees konnte noch nicht erforscht werden, doch ist sie aller Wahrscheinlichkeit nach beträchtlich. Der Erdboden besteht in weitem Umkreise aus kohligen Theilen und hart gebrannter Erde und zeigt unverkennbare Spuren von der Einwirkung unterirdischen Feuers. Ueberhaupt ist der Boden der ganzen Insel mit Asphalt durchdrungen und selbst bis in's Meer hinaus ziehen sich Asphaltbänke.

Ein weiteres Vorkommen des Asphaltes ist jenes auf Cuba, Barbados und mehreren Inseln Westindiens; der in der Nähe von Havanna reichlich gewonnene kommt als mexikanischer oder Chassopoda-Asphalt in den Handel.

Ausserdem findet sich Asphalt zu Baku am kaspischen Meere, am Kaukasus, in Spanien, Portugal, Mexiko, Peru etc.

Der Asphalt, der zu uns in den Handel kommt, ist fast durchgehends aus dem Asphaltstein oder Rohasphalt gewonnen; der zu Tage tretende zeigt nie Spuren der Verwitterung, nur dessen sonst dunkelbraune Farbe wird durch Einwirkung der Luft an der Oberfläche gebleicht; die Ausbeutung des Asphaltsteines ist häufig sehr einfach, sie besteht in gewöhnlicher Sprengarbeit; ist eine mit Bitumen durchdrungene Erde vorhanden, wird diese gegraben.

Die Imprägnirung durch Bitumen hat, wie man annimmt, bei sehr hoher Temperatur und unter grossem Druck stattgefunden, seine Entstehungsart ist noch ebenso unbekannt, wie die vieler anderer Mineralkörper. Einige Naturforscher betrachten das Bitumen als ein empyreumatisches Oel, welches einem Zersetzungsprozesse von urweltlichen Pflanzen und Thieren entstammt; andere haben die Ansicht, dass das Steinöl ein Produk der trockenen Destillation von Stein- und Braunkohlen sei, die entweder durch vulkanisches Feuer, durch unterirdische Brände oder durch die bei Zersetzung von Schwefelkies entwickelten Hitze veranlasst wurde.

Für die technische Verwendung am empfehlenswerthesten sind:

1. Der Asphalt von Seyssel im Departement de l'Ain; er ist ein von Bitumen imprägnirter Kalkstein der in 100 Theilen aus 91 Th. kohlensaurem Kalk und 9 Th. eines harten, glänzend schwarzen, aber etwas elastischen Asphaltes besteht.
2. Der Asphalt von Val de Travers im Canton Neufchâtel; er ist dem vorigen im wesentlichen ähnlich und besitzt einen Bitumengehalt von 12 bis 15 pCt.
3. Asphalt von Limmer bei Hannover hat als Rohasphaltstein grosse Aehnlichkeit mit jenem von Seyssel und Val de Travers, jedoch sind die untersten Schichten so stark von Asphalt imprägnirt, dass die Gesteinssubstanz nahe zu ganz zurücktritt und nur 1—1½ pCt. Kalk beträgt, während der Bitumengehalt auf 98½—99 pCt. steigt; im allgemeinen nimmt man den Bitumengehalt zu 17 pCt. an; das reine Bitumen von Limmer ist braunschwarz, fest und etwas elastisch.
4. Asphalt von Lobsann; hier liegt der Rohasphaltstein auf einem Braunkohlenflötz, unter welchem sich Bergtheer angesammelt hat, und besteht aus 88 pCt. eisenhaltigem, kohlensaurem Kalk und 12 pCt. Bitumen; letzteres ist schwarz, enthält mehr Kohlentheilchen als das hannoversche und ist weniger elastisch.
5. Asphalt von Bastennes (Departement des landes) ist ein mit 6 bis 12 pCt. Bitumen imprägnirter Sand. Das durch Auskochen im Wasser gewonnene Bitumen kommt unter dem Namen „Goudron“ in den Handel.
6. Der Asphaltstein von der Insel Brazza kommt in Gestalt eines im

jüngeren Kalkstein eingebetteten mächtigen Lagers vor, ist braun, im Bruche wenig glänzend und ziemlich porös; er wird vielfach nach Venedig verschifft.

Nicht aller Asphalt hat die gleiche Konsistenz; es giebt so weiche Abarten, dass sie den gewöhnlichen Theeren sehr ähnlich sind, meist dunkelbraun, dickflüssig und auch den Namen Bergtheer führen. Dergleichen Bergtheere kommen zu Lobsann, Bechelbronn, Seyssel, zu Hagenau und an mehreren Punkten im Hannöverschen vor.

Wird der Asphaltstein auf 100—140° R. erwärmt, so erweicht sich das Bitumen, die Kohäsion hört auf, und der Stein zerfällt in eine feinkörnige Masse. In diesem Zustande lässt er sich in Formen pressen und gewinnt durch das blosse Erkalten, unter Beibehaltung der neuen Form, seine frühere Konsistenz und Härte wieder.

Der Rohasphalt wird entweder ohne weitere Beimengung als Asphalt comprimée zur Herstellung von Strassen verwendet, oder er wird zu Asphalt mastix verarbeitet.

Das Gelingen von komprimirter Asphaltpflasterung ist abhängig von einer entsprechend dicken Betonunterlagsschichte, deren Oberfläche so glatt wie möglich herzustellen ist; auch muss die Betonmasse durchaus trocken sein, und gerade diese Bedingung macht, wenn sie nicht erreicht werden kann, die ganze Arbeit illusorisch.

Beim Asphalt comprimé wird der Rohasphalt bis zu 140° erhitzt, pulverisirt, und dann auf die vorbereitete Unterlage in nöthiger Dicke ausgebreitet; das Komprimiren geschieht entweder durch Stampfen oder durch Walzen, deren Gewicht zwischen 200—1500 Kilogr. beträgt. Ist das Ueberwalzen erfolgt, so kann die abgekühlte Strasse nach 4—5 Stunden schon dem Verkehr übergeben werden.

Zum Gelingen von Asphaltstrassen ist es nothwendig, die grösste Aufmerksamkeit in allen Stadien der Anfertigung zu beobachten, besonders aber wirkt ein einfallender Regen der Güte des Asphaltpflasters entgegen; auch bei eintretender Kälte wird ein genügendes Warmhalten des Asphaltes sich ergeben und ist immerhin eine trockene und warme Witterung erforderlich, damit die Beton Unterlage den erforderlichen Grad von Trockenheit erlangen kann; aus diesen Gründen werden solche Arbeiten in Paris sowohl, wie auch in Lyon, London etc. nur in der Zeit zwischen dem 1. April und 15 Oktober ausgeführt.

Alle komprimirten Asphaltstrassen zeigen in erster Zeit nach ihrer Anfertigung Fehler, so entstehen Grübchen oder auch Rinnen, oft hebt oder senkt sich die Fläche; diese Fehler rühren meistens von den fremden Stoffen im Asphalt her, die Hebungen vom nassen Beton und die Senkungen vom fehlerhaften Stampfen und Walzen; solche Fehler müssen jedoch sofort nach ihrem Auftauchen verbessert werden.

Asphaltstrassen haben den unbestrittenen Vortheil, dass sie weder

Schlamm noch Staub erzeugen, beim Befahren wenig Geräusch verursachen, die Zugkraft der Pferde erleichtern, den Unterhalt der Fuhrwerke sowohl als der Bahn mindern und sehr leicht, wenn es nöthig ist, reparirt werden können.

Die ersten Versuche über Asphaltstrassen wurden im Jahre 1849 vom Ingenieur A. Merian in Basel angestellt; die von ihm ausgeführten, zwar nur kurzen Strassenstrecken von Travers und Serrières, lenkten bald die Aufmerksamkeit französischer Ingenieure auf sich, uud heute schon besitzt Paris Asphaltstrassen von vielen hunderttausend Quadratmetern, und hat man im Rohasphalt endlich ein Material gefunden, das zum Strassenbau in dieser neuesten Methode der Verwendung noch von keinem anderen übertroffen worden ist.

Die ausgedehnteste Anwendung findet der Asphaltstein aber in der Bereitung des Asphalt mastix, der gewöhnlich nur Asphalt genannt wird. Dieser bildet das Rohmaterial zu den bekannten Asphaltarbeiten und eignet sich vermöge seiner Form und Kohäsion zu den weitesten Transporten.

Zur Herstellung von Asphalt mastix wird der Rohstein zu Pulver zerrieben, oder auch nach der neueren Methode mittelst Wasserdampf gelockert und durch ein Walzwerk in dünne, schuppenartige Blättchen zerkleinert; in diesem Zustande schmilzt man die Masse mit einem Zusatz von 5—7 Prozent reinem Bitumen bei einer Temperatur von 200° R., verarbeitet dieselbe während 6 Stunden zu einem gleichförmigen Brei und giesst sie in besondere Formen. Die Presta-Asphalte bilden länglich runde, die von Seyssel kreisrunde Blöcke von einem Gewicht von nahezu 25 Kilogramm.

Asphaltmastix unterscheidet sich von dem erwähnten Asphaltstein, dass er bei einem kleinen Zusatz von Bitumen leicht schmilzt und seine Festigkeit ohne Anwendung von Druck durch blosses Erstarren der gegossenen Masse erhält. Bei diesem Erstarren findet eine Kontraktion des Bitumens statt, und Sache des Asphaltarbeiters ist, sowohl diese Kontraktion durch gehörige Auswahl und Mischung der Materialien auf ein Minimum zu reduziren, als auch die Unterlage so anzuordnen, dass ein Zusammenziehen der Masse ohne Nachtheil statthaben kann. Letzteres wird erreicht, wenn die Asphaltdecke von der festen Unterlage sammt der darauf befindlichen Mörtelschicht isolirt wird, sei es durch dazwischen gesiebten trockenen Sand, durch eine Packtuchlage oder durch andere Mittel.

Die Zubereitung zu den gegossenen Asphalt-Arbeiten sind im wesentlichen folgende: die Herstellung der festen Unterlage geschieht auf blosser Erde durch Feststampfen des Erdbodens; auf Mauerwerk durch Abebnen durch Mörtel; auf Balkenwerk durch Anbringen eines Latten- und darüber eines Ziegel- oder Backsteinbodens. Ueber diese Unterlage kommt

im ersten Falle ein Betonguss von wenigstens 3 cm. Dicke, in den anderen Fällen ein Mörtelguss von $1^1/_2$ cm.; der mit Mörtel ausgeebneten Unterlage ist genau das Profil zu geben, das der Asphaltguss auf seiner Oberfläche zeigen soll.

Zur Bereitung der zu giessenden Asphaltmasse wird der Asphaltmastix in faustgrosse Stücke zerschlagen und in transportablen eisernen Kesseln mit 3—5 Prozent Bitumen aufgeschmolzen und mit nahezu 50 pCt. gereinigtem, bis zur Erbsengrösse ausgesiebtem Kiese unter tüchtigem Umrühren zu einem gleichförmigen Brei verarbeitet. Diese Operation, sofern die Kessel 150 — 200 Kilogr. Asphaltmastix aufnehmen dauert nahezu 4 Stunden, und erst wenn in der Masse weder freie Asphalttheilchen, noch freies Bitumen und ebensowenig nackte Kieskörner sichtbar sind, wenn die Masse weder klebrig noch trocken ist, hat dieselbe die zum Gusse nöthige Eigenschaft.

Das Giessen oder Legen, Verebnen der Flächen, Verbinden der Ansätze und Fugen kann nur durch geübte Arbeiter geschehen.

Sehr wichtig ist die Auswahl des Bitumens, dasselbe dient nicht blos als Flussmittel zum Schmelzen des Asphaltmastixes, denn alle mineralischen und vegetabilischen Bitumen könnten dieses leisten. Die Hauptwirkung besteht in der innigen Verbindung dieses Flussmittels mit dem im Asphaltmastix und im Rohasphalte enthaltenen Bitumen zu einer homogenen Masse, ohne dessen ursprünglichen Charakter zu verändern. Oele z. B. bringen den Asphaltmastix in Fluss, zerstören aber alle Kohäsion und Bindekraft desselben, indem sie den Asphalt auflösen.

Aber auch entölte Theere, wie die trockenen Steinkohlenpeche, verändern beim Schmelzen den Charakter des ursprünglichen Bitumens, indem sie dasselbe zu stark zusammenziehen, die Masse mithin spröde machen. Das einzige richtige Flussmittel ist das aus dem Asphalt selbst gezogene Bitumen, oder das sogenannte Erdpech, das mit dem Asphalte gleiche Entstehungsgeschichte hat.

An vielen Orten sind die Asphaltarbeiten auch bei Anwendung des natürlichen Asphaltmastix in Misskredit gekommen, weil aus Unkenntniss oder aus übelverstandener Oekonomie die allerdings theuren Erdpeche durch andere wohlfeile Surrogate ersetzt wurden; noch mehr aber sind die Asphaltarbeiten diskreditirt an jenen Orten, wo man unter dem angeblichen Namen Asphalt ein künstliches Gemisch von Steinkohlentheer, Thon, Kalkmergel etc. bereitete und damit Arbeiten ausführte, die nicht haltbar waren, aber allgemein mit den eigentlichen Asphaltarbeiten für identisch gehalten wurden.

Dass man in Frankreich künstliche Asphalte vielfach verwendet, darauf deuten die Patente hin, die in neuster Zeit in dieser Beziehung genommen wurden; so stellt A. M. Gobin in Lyon einen künstlichen Asphalt

dar: aus weichem Bitumen aus Schiefern 15 Th.; Theerpech 35 Th.; Kalksteinpulver 130 Th.; feinen Sand 160 Th.[1]).

Von V. L. Daguzan in Paris werden zu gleichem Zweck Steinkohlen- oder Holztheer in einem Kessel bis zur völligen Verdampfung des Wassers erhitzt, und dann hintereinander fein gepulverter, aber vorher gerösteter Kalkstein, 5 pCt. Eisenoxyd, kieselsaures Kali und schwefelsaurer Kalk hinzugefügt und innig gemischt[2]).

Die wichtigste Anwendung des künstlichen Asphaltes bezieht sich auf die massenhafte Herstellung von Kohlenziegeln (Briquettes), die in Frankreich die Steinkohlen ersetzen. Solche Briquettes erhält man dadurch, dass man dem geschmolzenen Asphalt möglichst viel Kohlenklein, Sägespähne etc. beimengt, und die Masse noch heiss in Backsteinform bringt. Häufig werden der Masse sonst werthlose schwere Theeröle, auch wohl Theer selbst zugesetzt.

Anwendung findet der Asphalt zu Trottoirs, Fussböden in Stallungen, Belegen für Dächer, Terrassen, Plattformen und Altanen. Gewölbe von Tunnels und Kellern, Brückenbogen und Kasematten überdeckt man häufig mit Asphalt, um sie gegen Nässe zu schützen; sollen diese Gewölbe später mit Erde überdeckt werden, so ist auf die Asphaltschicht noch eine Lehmlage aufzubringen; in Kellern, die gegen Eindringen von Feuchtigkeit geschützt werden sollen, werden die Fussböden asphaltirt, während die Seitenwände, falls sie das Wasser durchlassen sollten, mittelst einer Bekleidung aus Ziegelsteinen, die in Asphaltmastix gesetzt sind, versehen werden; noch besser ist es, eine zwischen zwei Mauern sich befindende, gegossene Isolirschicht von Asphalt anzuordnen und dies ist hauptsächlich empfehlenswerth bei Isolirung von Kloaken und Abtrittsgruben; auch Wasserbehälter und Silos werden durch Asphalt gedichtet. Um aber in Gebäuden das Aufsteigen der Erdfeuchtigkeit zu verhindern, legt man über alle Fundamentmauern eine Isolirschicht. Zu diesem Zweck hat man den sogenannt Asphaltfilz hergestellt, der nahezu 5 mm. dick in Asphalt getränkt, und mit scharfem Sande bestreut ist. Dies ungemein handliche Isolirungsmaterial bezieht man in langen Rollen, die sich leicht nach Bedürfniss zerschneiden und als Zwischenlagen der verschiedensten Art verwenden lassen. Der Asphalt wird auch als Bindemittel der Bausteine verwendet, und poröse Bausteine, gebrannte und natürliche, in Asphalt getränkt, werden dadurch vollkommen dauerhaft, widerstehen den Einwirkungen der Nässe und erhalten eine bedeutend grössere Festigkeit. In neuester Zeit verwendet man gewalzten Asphalt besonders zu Dächern und Terrassen etc.

Bei dieser neuen Art, den Asphalt zu dünnen Blättern auszuwalzen,

---

[1]) Chemische Zeitung 1879 S. 210.

[2]) Dinglers Polyt. Journ. 1879 S. 547.

um sie dann kalt wie Zink oder Bleiplatten zu verlegen, verschwinden die Unannehmlichkeiten des Schmelzens des Materials und des damit verbundenen Geruches, und ausserdem erhält der Asphalt eine Dichtigkeit, Festigkeit und Dauer, die er auf gewöhnliche Weise nicht erreicht und aus welchen Gründen er sich dann auch vortheilhaft zu Dächern und Terrassen statt des Zinks und der anderen Deckmaterialien eignet und zwar um so mehr, als Asphaltplatten wohlfeiler sind und die dadurch hergestellten Dächer und Terrassen wenig Unterhaltung erfordern, dabei aber ganz feuersicher sind, denn diese Platten können wohl schmelzen aber nicht brennen, sie liefern dem Feuer keine Nahrung wegen des geringen Verhältnisses der brennbaren Stoffe zu den unverbrennlichen, aus denen sie bestehen. Ausserdem haben sie den Vortheil gegen Metalldächer, dass sie schlechte Wärmeleiter und leichter sind, wie fast alle anderen Dachdeckungsmaterialien; auch der Zerstörung durch atmosphärische Einflüsse sind sie weniger ausgesetzt. Der gewalzte Asphalt lässt sich selbstverständlich auch zur Trockenlegung feuchter Orte verwenden; Mauern und Wände können leicht damit verkleidet und die Fussböden damit unterlegt werden.

Zum Dachdecken eignet sich auch die Asphaltpappe die sowohl in Rollen, als auch in Bögen zu haben ist; im ersten Falle ist sie 0,80 bis 1,0 m. breit und 38—40 m. lang, im zweiten Falle 0,60 m. breit und 0,70 bis 0,80 m. lang; das Asphaltpappdach erhält stets noch einen Anstrich aus Asphalt und Theer, welcher mit Sand bestreut wird, um der Sonnenwärme besser zu widerstehen.

Auch zur Herstellung wasserdichter Röhren für Gas- und Wasserleitungen leistet der Asphalt vorzügliche Dienste; solche Asphaltröhren werden neuerdings aus endlosem Hanfpapier von 2 bis 2,5 m. Breite hergestellt, das man durch geschmolzenen, in einer halbcylinderförmigen Pfanne im Flusse erhaltenen Asphalt hindurch zieht und unter Mitwirkung einer Presswalze auf eine, den Kern des Rohres bildende, laufende Walze aufrollt; dabei wird bei Bildung des Rohres auf dessen Wandung ein möglichst starker Druck ausgeübt, wodurch eine grosse Dichtigkeit und Homogenität der Röhren erzielt wird. Im Innern erhalten die Röhren in der Regel einen wasserdichten Firniss, auswendig werden sie mit einem mit Kies vermischten Asphaltlack überzogen. Diese Röhren zeichnen sich durch bedeutende Widerstandsfähigkeit und Dauerhaftigkeit aus, und sind im Stande, bei einer Wandstärke von kaum 1,5 cm. einen Druck von über 15 Atmosphären auszuhalten; ferner besitzen sie soviel Elasticität, dass sie selbst bei Bodensenkungen, starken Stössen etc. nicht leicht einen Bruch erfahren, und schützt ihr schlechtes Wärmeleitungsvermögen das in ihnen fortgeleitete Wasser gegen Einfrieren[1]). Wegen Nichtleitbarkeit der Elektricität benutzt man solche Asphaltröhren auch zu unterirdischen Telegraphenleitungen.

---

[1]) Bayer. Industrie- und Gewerbeblatt 1872 S. 149.

Die Haupteigenschaften des Erdpeches sind Härte bei niederer, Zähigkeit bei gewöhnlicher und Schmelzbarkeit bei erhöhter Temperatur. Bei Handwärme lässt sich die Masse ohne Bruch zu Fäden ausziehen; der Geruch ist dem des Asphaltes ähnlich. Unter dem Mikroskop betrachtet, zeigt sich das Erdpech, dessen Farbe sonst glänzend schwarz ist, bei dünnen ausgezogenen Lagen als eine durchsichtige gelbe, von braun bis in's weissliche gehende homogene Masse, während die Steinkohlenpeche eine Menge zusammenhängender schwarzer Punkte in einer röthlich gelben Masse sichtbar machen. Diese Untersuchung allein schon genügt, um bei dem Einen die Eigenschaft der Zähigkeit und Bindekraft, bei dem Anderen die der Sprödigkeit zu erklären.

Die Hauptanwendung des Erdpeches findet bei den Asphaltarbeiten statt. Besondere Arten von Erdpechen sind: die Trinidad- und Kuba-Asphalte, sowie das sogenannte Judenpech vom todten Meere. Sie werden hier und da dem Asphalte beigemischt, um der gegossenen Masse grössere Härte zu geben, ausserdem dienen sie zur Fabrikation von Kitten, Firnissen und Lackfarben.

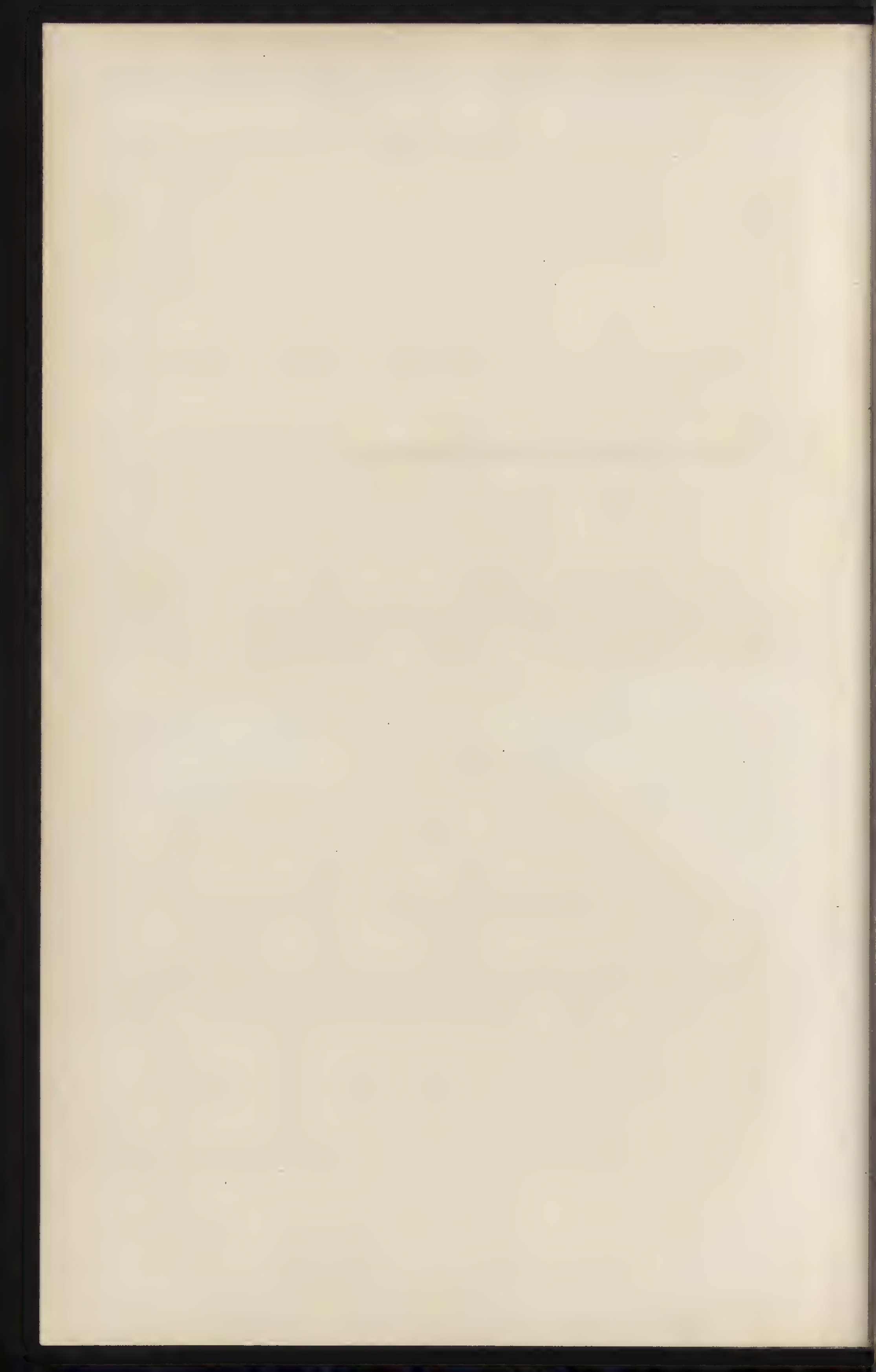
Bituminöser Kitt, Asphaltkitt ist eine künstliche Mischung von Erdharz und gepulvertem Kalkstein oder Kreide, in solchem Verhältniss, dass man auf 100 Th. Staub 6—8 Th. reines Erdharz nimmt; das Ganze wird gut vermischt und erhitzt und dann in heissem geschmolzenen Zustande als Kitt verwendet; diesen Kitt benutzten bereits die Alten und ahnten nicht, dass die Natur selbst im grossartigen Massstabe, im Val de Travers Massen gebildet hatte von ganz gleicher Zusammensetzung.

Unter dem Namen bituminöse Kitte begreift man auch wohl solche, die durch Steinkohlentheer hergestellt sind; da Asphalt ziemlich theuer ist, so hat man den Asphaltkitt durch künstliche Mischungen zu ersetzen gesucht und gebraucht Theer, der gekocht mit gepulverten Thongeschirrscherben oder zerstossenen Kieseln, Hammerschlag, Holzasche etc. vermischt wird; so geben 16 Th. Theer und 18 Th. Hammerschlag gute Resultate; diese Kitte sind in flüssigem Zustande zu Estrichen brauchbar, wenn man sie auf eine Unterlage von Quarzsand, Puzzolane etc. ausbreitet, da sie noch warm sind, und sie mit Marmorstaub, Gyps oder mit Holzasche zum Austrocknen bestreut.

Baumaterialien.

III. Hauptgruppe.

Neben- oder Hülfs-Materialien.



Neben- oder Hülfs-Materialien.

Zu diesen gehören alle anderen bisher nicht besprochenen Baustoffe der I. und II. Hauptgruppe; einige von ihnen haben keineswegs untergeordneten Rang, wie z. B. das Glas, welches daher auch in dieser Gruppe der Baumaterialien allen anderen vorangestellt werden soll, diesem lassen wir in unserer Besprechung das Wasserglas folgen, dann die Farbestoffe und Firnisse, Theere; hierauf folgen die künstlich-organischen Stoffe, Dachpappe, Steinpappe, Kautschuk, Guttapercha, Hanf, Taue und Stricke, und den Schluss bilden einige natürlich-organische Stoffe, wie Rohr und Schilf, Stroh und Moos.

Das Glas.

Betrachten wir die Geschichte desselben, so erkennen wir, dass selten ein Stoff für die geistige Entwickelung der Menschheit von grösserer Bedeutung gewesen ist, als das Glas; die Physik verdankt den grössten Theil ihrer Erfolge dem Glase, wie weit wären wir in der Optik, in der Astronomie, in der Mikroskopie, wenn wir kein Glas besässen; unser Gesichtskreis wäre ohne Zweifel ein sehr beschränkter, während er jetzt frei das Weltall durchdringt!

Ueber den Ursprung der Glasmacherei weiss man nichts Genaues, aber man hat Anhaltspunkte dafür gefunden, dass vor 3500 Jahren v. Chr. schon Glas geblasen wurde; alte Gemälde zu Ben Hasan und Theben sind aufgefunden worden, die arbeitende Glasbläser darstellen und die sie begleitende Hieroglyphenschrift weist obiges Alter zweifellos nach; es ist ferner nachgewiesen, dass die Chinesen 2000 Jahre v. Chr. eine ausnehmende Geschicklichkeit in der Glasfabrikation besassen. Plinius[1]) schreibt die Erfindung des Glases den Phöniziern zu und sagt: „Es geht die Sage, dass

---

[1]) XXXVI. Buch 65. 66. 67.

einst ein Schiff, mit natürlicher Soda befrachtet, am Flusse Belus gelandet sei, und dass die Inhaber, als sie am Ufer zerstreut sich Speisen zubereiteten und keine Steine zu Unterlagen für die Kessel fanden, Sodastücke aus dem Schiffe dazu genommen hätten. Als nun diese in Verbindung mit dem Ufersande sich erhitzt hätten, da seien Bäche einer neuen durchsichtigen Flüssigkeit hervorgelaufen und das sei die Entstehung des Glases gewesen. Plinius bezeichnet diese Geschichte selbst als Sage, ja, sie ist als Fabel zu nehmen, da im freien Feuer wohl niemals Glas aus seinen Bestandtheilen zusammengeschmolzen werden kann; so viel ist aber wahrscheinlich, dass die handeltreibenden Phönizier das Glas vielfach verbreiteten, und es ist überraschend, dass man auch da, wo zu jener Zeit Völker wohnten, die noch auf sehr niedriger Kulturstufe standen, Perlen und Schmucksachen von Glas ausgegraben hat, welche wohl nur durch die Phönizier dorthin gebracht sein können. Im frühesten Alterthume waren Theben und Memphis durch ihre Glasfabrikation berühmt, aber man besass in jener Zeit noch nicht die Mittel, farbloses Glas herzustellen. Die Griechen lernten das Glas nicht lange vor Alexanders Zeiten kennen, die Römer aber erst nach der Eroberung von Aegypten. Plinius beschreibt eine ältere und neuere Methode der Glasfabrikation, durch letztere wurde reines, weisses Glas hergestellt; er sagt weiter: „Jetzt wird auch schon in beiden Gallia und Hispania der Sand auf ähnliche Weise zubereitet. Unter Tiberius Regierung soll man auch eine Mischung zu Glas erfunden haben, welche biegsam gewesen sei; aber man habe die Werkstatt des Künstlers zerstört, damit nicht Kupfer, Silber und Gold an Werth verlieren möchten, und so hat man lange mehr davon gesprochen, als Sicheres davon gehört Indessen was kommt darauf an? Hat man doch zu Nero's Regierung ein Glas erfunden, von dem zwei mässige Becher, welche man Petrotos (versteinerte) nennt, für 6000 Sestertien[1]) verkauft wurden.“ Weiter berichtet Plinius: „auch macht man vermittelst einer gewissen Färbung ein Obsidianum zu Speisegefässen und ein ganz rothes nicht durchsichtiges Glas, welches man Haimatinon (blutroth) nennt. Ferner verfertigt man Glasflüsse, welche murrinische Gefässe, Hyacinthe, Saphire sowie auch alle anderen Farben nachahmen und giebt es bis jetzt keinen fügsameren und leichter zu färbenden Stoff. Den grössten Werth aber legt man unter den hellen Arten auf das vollkommen durchsichtige, das dem Krystall am nächsten kommt. Sein Gebrauch zu Trinkgefässen hat die goldenen und silbernen verdrängt. Hitze kann es indessen nicht vertragen, wenn man nicht vorher eine kalte Flüssigkeit hineingegossen hat; während mit Wasser gefüllte Glaskugeln an der Sonne so heiss werden, dass sie die Kleider durchbrennen. Zerbrochene Glasstücke lassen sich erwärmt wieder zusammenfügen, ganze Gefässe aber nicht schmelzen, wenn sie nicht vorher in Stücke zersprengt sind, wie dies

---

[1]) Nach unserem Gelde nahezu 900,000 M.

geschieht, wenn man die kleinen Steine macht, die man Brettsteine nennt, und von denen einige sogar auf mehrfache Weise bunt gefärbt werden.“

Man sieht hieraus, dass die Römer auf einer sehr hohen Stufe der Glasfabrikation angelangt waren, dass sie aber auch nur dieselbe zur Herstellung von Luxusartikeln auszubeuten verstanden; denn von Glasscheiben ist nirgends die Rede, und auffällig ist es, dass Vitruv in seinen Werken das Glas an keiner Stelle erwähnt.

Nach dem allgemeinen Verfall der Kultur sehen wir erst im 13. Jahrhundert die Glasmacherei von Neuem und zwar auf italienischem Boden aufblühen. Inzwischen hatte man jedoch schon im 3. Jahrhundert v. Chr. angefangen, bunte Glasstückchen mit Gyps zusammenzukitten um die so gebildeten Tafeln als Glasfenster zu benutzen; in England geschah dies zuerst 670. In deutschen Klöstern soll man sich bereits im 7. Jahrhundert mit Fabrikation von bunten Glaspasten und Perlen beschäftigt haben; aus denen man Mosaikgemälde herstellte.

Im 13. Jahrhundert war Venedig der Centralpunkt für die Glasfabrikation; hier wurde das Krystallglas wieder erfunden, und die Erfindung der Spiegel erhöhte Venedigs Ruhm und Reichthum, und wurde Venedig in dieser Kunst die Lehrmeisterin von ganz Europa. Von hier aus gelangte auch die Glasmacherei nach Böhmen, wo sie schon am Ende des 17. Jahrhunderts zur höchsten Blüthe gelangte, und dieselbe auch bis zur Jetztzeit behauptet hat.

Glasscheiben haben allgemein sehr spät Eingang gefunden, man begnügte sich vielfach mit gegossenen runden meist grünen Glasstücken die man in Blei fasste; 1338 erhielt die Kathedrale zu York Fensterscheiben, und in Wien datiren die ersten Fensterscheiben von 1458, in Mailand aber und Florenz fand man 1750 häufig noch papierne Fenster. Eine weisse Scheibe von Spiegelglas, 85 Quadratcentimeter gross, galt seiner Zeit für etwas Ausserordentliches, und gegenwärtig gehören solche von 5 Quadratmeter und darüber nicht mehr zu den Seltenheiten.

Das zu technischen Zwecken dienliche Glas ist eine chemische Verbindung von kieselsaurem Kali oder Natron und kieselsaurem Kalk oder Bleioxyd. Das Hauptmaterial ist die Kieselerde, der Quarz oder quarzige Körper. Die Kieselerde ist für sich in keinem Feuer schmelzbar, mit den genannten Basen verbindet sie sich aber, da sie die Eigenschaften einer Säure besitzt, in der Schmelzhitze zu Salzen und giebt damit das Produkt, welches wir Glas nennen.

Es ist mithin zur Darstellung desselben eines von jenen Alkalien nöthig, oder ein Körper, der Kali oder Natron enthält, für welchen Zweck gewöhnliche Pottasche oder Soda dienen. Das Schmelzprodukt aus Kieselsäure und Kali oder Natron ist jedoch ein in heissem Wasser auflöslicher und den Einflüssen der Atmosphäre nicht widerstehender Körper. Um aus beiden ein dauerhaftes Glas zu erhalten, müsste man sehr wenig von dem

Alkali nehmen, was aber um das Glas gehörig dünnflüssig zu machen, eine viel höhere Schmelz-Temperatur erfordern würde, als man in dem Glasschmelzofen hervorbringen kann. Der Zusatz von Kalk befördert aber, besonders beim Kaliglas, den Fluss, und bewirkt überdies eine Zersetzung der schwefelsauren und salzsauren Alkalien, welche von der Pottasche noch nicht ausgeschieden sind, und daher in den Glassatz kommen. Das Bleioxyd kann die Stelle des Kalkes vertreten. Die unentbehrlichsten Glasmaterialien sind daher Kieselsäure (Quarz), Kali (Pottasche), Natron (Soda), Kalk, Bleioxyd.

Als unwesentliche oder zufällige Bestandtheile, die als Verunreinigungen der Rohmaterialien oder durch die Apparate und Werkzeuge in die Glasmasse kommen, sind zu nennen: Thonerde, Magnesia, Eisenoxydul, Eisenoxyd und Manganoxydul.

Diese Rohmaterialien sind überall leicht zu beschaffen; handelt es sich aber darum, ganz feine Glassorten zu fabriziren, muss eine sehr vorsichtige Auswahl getroffen werden.

Kieselsäure (Quarz) findet sich in einer für die Glasfabrikation bequemen Form als Sand, und bezieht man für feine Sorten denselben oft aus den entferntesten Gegenden; wo Quarzfels vorkommt und Sand fehlt, verarbeitet man auch ersteren, indem man ihn glüht, in Wasser abschreckt und mahlt; jedenfalls muss die Kieselsäure, die zu weissem Glase verarbeitet werden soll, ganz frei an Eisengehalt sein, und selbst den besten Sand wird man vor der Bearbeitung, um feines Glas zu erhalten, noch sorgfältig schlämmen, um den Thon daraus vollständig zu entfernen. Ein sehr gutes reines Material liefert der Feuerstein.

Kali (Pottasche) wird zur Glasfabrikation dem Pflanzenreiche entnommen und steht uns hier die Holzasche zu Gebote; handelt es sich um gewöhnliches Glas, verwendet man ohne Weiteres die Asche selbst, für feinere Gläser nimmt man rohe Pottasche, für ganz feine aber gereinigte; statt der Pottasche hat man auch mit Erfolg schwefelsaures Kali angewendet.

Natron (Soda) wird schon lange in der Glasfabrikation benutzt, aber man war auf die Asche der Meerpflanzen angewiesen. Seitdem jedoch die vielen Sodafabriken bestehen, verwendet man vorherrschend das kohlensaure Natron, weil die reinste Soda billiger ist als rohe Pottasche. Statt der Soda kann man mit einem Zusatze von Kohle auch Glaubersalz, schwefelsaures Natron nehmen; die Schwefelsäure wird hierbei durch die Hitze der Kohle zersetzt, das Natron verbindet sich mit der Kieselsäure, während der Schwefel zum Theil als solcher, oder als schweflige Säure sich verflüchtigt. Das daraus erhaltene Glas hat aber stets einen blaugrünen Farbton, der sich durch die gewöhnlichen Entfärbungsmittel nicht beseitigen lässt. Wo Kali und Natron gleichzeitig angewendet werden,

da setzt man häufig das Natron als Kochsalz hinzu, es findet dann eine Zersetzung statt, wobei Chlorcalcium ausgeschieden wird.

Kalk soll möglichst rein sein, frei von Thonerde, Eisen und Magnesia; wenn sie zu beschaffen ist, verwendet man gern Kreide; in Böhmen verarbeitet man statt des gewöhnlichen Kalkes den kieselsauren Kalk, Wollastonit. Auch Baryt und Strontian sind zur Glasfabrikation vorgeschlagen, indem sie ein leicht flüssiges und vorzügliches Glas liefern.

Bleioxyd wird nicht als Glätte angewendet, man nimmt lieber gereinigte Mennige, welche beim Erhitzen Sauerstoff abgiebt und die organischen Substanzen, die eine Reduktion des Bleies bewirken würden, verbrennt. Zu Bleiglas wird stets Kali nie Natron angewendet. Statt des Bleioxyds ist vielfach Zinkoxyd empfohlen worden, weil dieses billiger ist, leichter rein erhalten werden kann und ein Glas liefert, das die Hitze gut verträgt. Borax wird zur Bereitung von Strass (künstliche Edelsteine) angewendet.

Ein weiteres geschätztes Rohmaterial ist das Bruchglas, Glasbrocken, welche theils in der Fabrik abfallen, theils besonders aufgekauft werden.

Zur Glasfabrikation werden auch wohl weiter verwendet: der Feldspath und die mit ihm verwandten Gesteine, Basalt, Hornblende, Pechstein, Bimsstein, Phonolith, Granit und besonders die Lava; sie werden meistens als Zusätze benutzt.

So werden die ganz schwarzen Gläser zur Aufbewahrung von Chemikalien durch Basaltzuschläge gefärbt; die Masse schmilzt leicht und lässt sich gut verarbeiten.

Wird nicht ganz reines Material bei der Glasfabrikation angewendet, so entstehen im Glase Färbungen, die jedoch durch Zusätze aufgehoben werden können; so wird die Färbung des Eisenoxyduls mit Hülfe des Braunsteins beseitigt. Was seine Wirkungsweise betrifft, so hält Liebig dieselbe für eine rein physikalische, in der Weise, dass das Violett des Magansilikates mit der ihm komplementären Farbe des Eisenoxydulsilikates Weiss giebt. Der Braunstein wirkt aber auch noch in der Weise, dass er beim Erhitzen Sauerstoff abgiebt und dadurch die in der Glasmasse noch enthaltene Kohle, welche das Glas braun färben würde, verbrennt. Aehnlich wirken Salpeter und arsenige Säure; letztere wird reduzirt, und das metallische Arsen verflüchtet sich ebenso wie etwa überflüssig zugesetzte arsenige Säure selbst. Glas aus Zinkoxyd hergestellt, erhält oft einen etwas gelblichen Farbton, Nickeloxyd in geringer Masse zugesetzt, hebt diesen jedoch wieder auf.

Die Mengungsverhältnisse der Glasmaterialien lassen sich nur durch Erfahrung bestimmen, da die Gewichtsmengen der Basen, welche die Kieselerde in der Schmelzhitze der Glasöfen zu ihrer Sättigung erfordert, nicht genau bekannt sind und überdies die Sättigungskapazität

derselben durch den Grad der Schmelzhitze selbst bedingt ist, auch das Glas durch die Verbindung der verschiedenen Silikate untereinander ungleiche Eigenschaften annimmt. Das Verhältniss der Basen (Kali und Natron) zur Kieselerde muss immer um so grösser sein, je niedriger die Temperatur ist, und umgekehrt kleiner bei höherer Temperatur. Gleiche Glassätze oder dieselben Mengen der Glasmaterialien geben, in ungleichen Temperaturen geschmolzen, ungleiches Glas.

Es geht dasjenige Glas, welches in hoher Temperatur geschmolzen und längere Zeit in einem gewissen Grade einer niedrigern Temperatur erhalten worden ist, andere Verbindungen ein. Dies geschieht daher in dem Falle, wenn es sehr langsam abkühlt, oder wenn man es nach dem ersten schnellen Erkalten neuerdings so stark erhitzt, dass es auf längere Zeit weich wird. Ist es z. B. mit einem bedeutenden Antheil an Kalk in hoher Temperatur geschmolzen und wird längere Zeit in einem Zustande erhalten, worin es eben dickflüssig zu werden beginnt, so tritt ein Theil des Kalkes, welcher in dieser Temperatur nicht mehr aufgelöst werden kann, in Verbindung mit einem Theil der Kieselsäure und etwas Kali, und scheidet sich durch die übrige Glasmasse als ein in dieser Temperatur nicht mehr schmelzbares Glas krystallinisch aus, wodurch das Glas getrübt, ja ganz undurchsichtig gemacht wird und eine weisse und milchige Farbe erhält. Es ereignet sich dies besonders leicht, wenn das Glas viel erdige Basen, ausser Kalk auch Thonerde und dergl. enthält. Man nennt diese Veränderung Entglasung.

Es kann diese auch in hoher Temperatur durch die Verflüchtigung des Alkali, und einen dadurch entstehenden Ueberschuss an Kieselerde entstehen, wodurch sich die ganze Glasmasse in ein saures Silikat verwandelt, das bei niedriger Temperatur der vollständigen Verglasung nicht mehr fähig ist und emailartig wird.

Daher kommt alles darauf an, die Verhältnisse der Glasmaterialien nach der Temperatur des Ofens zu reguliren, und diese Temperatur beim Glasschmelzen gehörig zu erhalten. Es ist aber auch höchst wichtig, das Glas nach dem Schmelzen nicht schnell abzukühlen, indem es dadurch besonders in dickeren Stücken eine solche Sprödigkeit gewinnt, dass es zu technischen Zwecken nicht mehr brauchbar ist. Lässt man z. B. einzelne Tropfen von Glasmasse in kaltes Wasser fallen, so bilden sich die bekannten Glasthränen, welche dem äusseren Anscheine nach gewöhnlichem Glase gleichen, auch auf ihrem dickeren Theile einen ziemlich derben Schlag vertragen, aber sofort in ein feines Pulver sich verwandeln, sobald man von ihrem äussersten dünnen Ende nur die feinste Spitze abbricht. Diese Erscheinung beruht darauf, dass die Oberfläche des glühenden Glastropfens in Berührung mit dem kalten Wasser plötzlich erstarrt, während die innere Masse in folge der hohen Temperatur noch stark ausgedehnt ist. Sinkt nun auch im Innern des erstarrten Tropfens die Wärme, so

sollten die einzelnen kleinsten Theilchen sich einander näheren, da sie aber von der äusseren erstarrten Schicht, welche sich nicht mehr zusammenziehen kann, zurückgehalten werden, so entsteht eine grosse Spannung. Wird dann die äusserste Spitze abgebrochen, so wird an dieser Stelle das Hinderniss weggeräumt, die Glastheilchen nehmen dort den ihnen gebührenden Raum ein, sie reissen die ihnen zunächstliegenden Massen mit fort und so geht die Bewegung von Atom zu Atom über, wobei dieselben von einander getrennt werden. Aehnlich verhält es sich mit den dickwandigen, möglichst schnell abgekühlten bologneser Flaschen, die zerbrechen, sobald man ein kleines Steinchen hineinfallen lässt oder ihre innere Oberfläche mit einem spitzen Instrument berührt. Aus diesen Erscheinungen erklärt sich die Sprödigkeit schnell abgekühlten Glases. Um diese zu vermeiden, bringt man die fertige Glaswaare in einen Ofen, dessen Temperatur wenig unter dem Schmelzpunkt des Glases liegt, und lässt sie hierin ganz allmälig erkalten. Um ein sprödes Glas geschmeidiger zu machen, erwärmt man es in einem mit Oel gefüllten Kessel bis zum Siedepunkt und lässt das Glas bis zum vollständigen Erkalten darin liegen.

Als sicheres Mittel, ob ein Glas zweckmässig verfertigt und gekühlt sei, empfiehlt Bontemps den Polarisationsapparat. Nicht gut gekühltes Glas wird wegen seiner Nichthomogenität das Licht zersetzen.

Das spezifische Gewicht des Glases ist 2,3—5,4; Glas mit dem spezifischen Gewicht von 2,37—2,56 ist haltbar aber wenig glänzend, übersteigt es dieses Gewicht (von 2,8—3,6) so ist es mit Blei und Baryt dargestellt; Frauenhofers Flintglas zu optischen Zwecken hat ein zpezifisches Gewicht von 3,77 und Faraday's mit Borsäure dargestelltes Flintglas ein solches von 5,44.

Um über die grosse Zahl von Glassorten einen Ueberblick zu gewinnen, muss man dieselben zu Gruppen vereinigen:

I. hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung,

II. hinsichtlich der Färbung,

III. hinsichtlich der Art der Verarbeitung.

I. Der chemischen Zusammensetzung nach unterscheidet man

1. Kaliglas oder Kalikalkglas aus Kali und Kalksilikaten bestehend ist farblos oder grünlich, sehr hart, schwer schmelzbar, widersteht aber der Luft und den chemischen Operationen weniger als Natronglas; hierher gehören:

a) böhmisches Krystallglas, äusserst hart, völlig farblos, schwer schmelzbar, nimmt durch Schleifen sehr schönen Glanz an, ist dem Gewichte nach das leichteste Glas;

b) ächtes Kronglas, Crownglas, aus den reinsten Materialien hergestellt, äusserst farblos, klar und rein, wird zu optischen Instrumenten verarbeitet.

2. Natronglas, Natronkalkglas, Kalinatronkalkglas, französisches Glas, besteht aus Natron- und Kalksilikaten, enthält aber auch häufig Kalisilikate in wechselnder Menge; dies Glas ist farblos oder grünlich, leicht schmelzbar, wenig hart und widersteht den äusseren Einflüssen am besten von allen Gläsern, daher geeignet zu Gefässen und zu Fensterscheiben und ist die am häufigsten vorkommende Glassorte. Das vorzüglichste Natronglas ist das Spiegelglas, welches zwischen 1—2 pCt. Bleioxyd enthält.

3. Bleiglas, Kalibleiglas besteht aus kieselsaurem Kali und kieselsaurem Bleioxyd, ist stets farblos oder künstlich gefärbt, von diamantartigem Glanz, hohem Lichtbrechungsvermögen, schönem reinen Klang und grosser Elasticität; dagegen ist es weich und wird bei starkem Gebrauch und mit der Zeit matt und trübe. Es ist leicht schmelzbar und unterliegt äusseren Einflüssen sehr schnell und wird durch saure Speisen, die längere Zeit mit diesem Glase in Berührung bleiben, zersetzt. Besondere Abarten dieses Glases sind:

a) englisches oder gewöhnliches Krystallglas enthält 6 bis 14 pCt. Kali, 28—37 pCt. Bleioxyd, 1—$1^1/_2$ pCt. Thonerde, 51—61 pCt. Kieselsäure; spez. Gewicht 3,9—3,255; dient zur Darstellung von feinen Glaswaaren, z. B. Kronleuchtern etc.

b) Flintglas oder optisches Glas mit 11—13 pCt. Kali, 40 bis 44 pCt. Bleioxyd, 1—2 pCt. Thonerde, 42—50 pCt. Kieselsäure und hat auch hin und wieder etwas Borsäure. Spez. Gewicht 3,3—3,6; wird zur Darstellung achromatischer Gläser benutzt.

Sehr grosse Schwierigkeit hat lange Zeit die Darstellung des optischen Glases dargeboten; die Linsen der Teleskope und anderer optischer Instrumente bestehen aus zwei verschiedenen Glassorten, aus Flintglas und Kronglas, also aus bleihaltigem und bleifreiem Glase.

Das Bleiglas bricht zwar die Lichtstrahlen in hohem Grade, aber die verschieden gefärbten Lichtstrahlen werden nicht gleichmässig gebrochen und das durch eine Bleiglas-Linse gesammelte Licht ist daher mit in verschiedenen Farben spielenden Umrissen umgeben. Diesem Uebelstande hilft man ab, in dem man ein zweites Glas von Kronglas in unmittelbare Berührung mit dem Flintglas bringt. Dasselbe hebt die durch letzteres bewirkte Zerstreuung der Lichtstrahlen auf und liefert ein scharf begrenztes achromatisches Bild.

Bei der praktischen Ausführung dieser Kombination kommt nun sehr viel auf die Reinheit des Glases, vollkommen gleichmässige Färbung oder richtige Farblosigkeit, Durchsichtigkeit und Lichtbrechungsvermögen an. Die hauptsächlichste Schwierigkeit liegt hierbei darin, eine vollkommene Gleichmässigkeit in der Struktur des Glases zu erlangen. Dies wird dadurch erschwert, dass sich beim Schmelzen mehrere Silikate von verschiedener Dichtigkeit bilden, die im Glas-Hafen sich zu trennen suchen

und in folge ihrer verschiedenen Schmelzpunkte nicht gleichmässig erstarren. So kommt es dann, dass in der Linse Medien von wechselnder Dichtigkeit vorhanden sind, die das Licht verschieden brechen. Das Kronglas, welches einen viel höheren Schmelzpunkt besitzt als das Flintglas, bereitet deshalb auch dem Fabrikanten viel grössere Schwierigkeiten als dieses; die Fabrikation des Flintglases wurde durch Frauenhofer und Guinand ausgebildet, und steht jetzt auf einer Stufe hoher Vollkommenheit.

Bontemps fertigte Flintglasmassen von 90 cm. Durchmesser und einem Gewicht von 100 Kilogr. und Kronglas von 60 cm. Durchmesser.

Die Schwierigkeiten, die sich hier entgegenstellten, wurden durch ein einfaches Mittel überwunden, man braucht nämlich die Glasmasse nur mit einem Cylinder von Hafnermasse durchzurühren, um die Silikate innig mit einander zu vermischen.

Der Glassatz besteht aus 100 Th. Sand 100 Th. Mennige und 100 Th. kohlensaurem Natron: dies wird geschmolzen, geläutert und schliesslich bei geschlossenem Ofen sich selbst überlassen; man muss aber nach der Läuterung so lange rühren, bis die Masse anfängt, dickflüssig zu werden, weil sich sonst die Bleisilikate ablagern. Nach 8 Tagen ist das Glas genügend erkaltet, man öffnet dann den Ofen, zerschlägt den Tiegel und schleift die beiden sich einander gegenüberliegenden Flächen des Glases ab, wo dann etwaige Fehler leicht zu entdecken sind. Die Zertheilung des Glases in Scheiben, mit Hülfe einer Säge wird in der Weise ausgeführt, dass die mangelhaften Stellen in die äusseren Theile der Scheiben fallen, weil diese beim späteren Schleifen ohnehin entfernt werden. Bontemps Satz zu Kronglas besteht aus 120 Th. Sand, 35 Th. Pottasche, 20 Th. Soda, 15 Th. Kreide, 1 Th. Arsenik. Faraday's schweres Glas hat 104 Th. Bleioxyd, 24 Th. Kieselsäure, 25 Th. Borsäure. Maes zu Clichy fertigt ein an Zinkoxyd und Borsäure reiches Glas an, welches die Farben des Lichtstrahls noch weniger zerstreut als das Kronglas und deshalb für optische Zwecke sehr schätzenswerth ist.

c) Strass, die Masse zur Anfertigung künstlicher Diamanten.

d) Email, Kali- und Bleioxydsilikat, worin die Kieselsäure häufig durch Zinn und Antimonsäure vertreten ist.

4. Zinkglas ist kieselsaures Zinkoxyd, kieselsaures Kali und etwas Borsäure; wird in neuerer Zeit statt des Kronglases zu optischen Apparaten benutzt, da es ein geringeres Farbenzerstreuungsvermögen als dieses besitzt.

5. Thonerdebornatronglas aus Thonerde, Borsäure und Natron bestehend, besitzt grosse Härte, bedeutendes Lichtbrechungsvermögen und hat schönen Glanz.

II. Der Färbung nach unterscheidet sich das Glas:

1. Ganz farbloses, weisses Glas; besonders Bleiglas, dann Kron- und Spiegelglas; das gewöhnliche weisse Glas besitzt in der Regel

einen kleinen Stich ins Bläuliche, Gelbliche, Grünliche und ist Kali- häufiger Natronglas; enthält 11—12 pCt. Alkali, 4—12 pCt. Kalk, $\frac{1}{2}$ bis $9\frac{1}{2}$ pCt. Thonerde, 63—79 pCt. Kieselsäure.

2. Halbfarbloses Glas ist besonders Kali- und Natronglas; die besseren Sorten heissen halbweisses Glas, und werden hauptsächlich als Fensterglas benutzt; es besitzt einen deutlichen Stich ins Bläuliche oder Grünliche und enthält 10—18 pCt. Alkali, 8—19 pCt. Kalk, 2—10 pCt. Thonerde, und 68—70 pCt. Kieselsäure. Die geringeren Sorten heissen halbgrünes Glas und dienen zu Medizinflaschen und ordinärem Fensterglas und bestehen aus 10—19 pCt. Alkali, 10—16 pCt. Kalk, 3—$4\frac{1}{2}$ pCt. Thonerde, 1—$1\frac{1}{2}$ pCt. Eisenoxydul und 62—72 pCt. Kieselsäure.

3. Grünes Bouteillenglas, ist bleifrei, wird aus unreinen Materialien angefertigt, ist arm an Alkali, verhältnissmässig reich an Thonerde und Eisenoxydul, und dient zur Darstellung von gewöhnlichen Flaschen (Flaschenglas) und enthält 3—11 pCt. Kali oder Natron, 18 bis 29 pCt. Kalk, 1—14 pCt. Thonerde, 3—7 pCt. Eisenoxydul und 45—60 pCt. Kieselsäure.

4. Gefärbtes Glas, Strass, Email und die bunten bleifreien Gläser.

III. Nach der Art der Verarbeitung unterscheidet man:

1. Hohlglas, sämmtliche Glasarten, welche an der Pfeife des Glasbläsers vollendet werden und kein Bleioxyd enthalten; je nach der Reinheit der Materialien erhält man dunkelfarbiges, halbweisses und weisses.

2 Tafelglas kommt in Platten oder Tafeln in den Handel. Man hat folgende Sorten:

a) Geblasenes Tafelglas, Fenster- oder Scheibenglas wird in der Regel aus halbfarblosem Glase angefertigt, dient zum Einglasen der Fenster und zur Anfertigung von kleinen und mittelgrossen Spiegeln (geblasene Spiegel); hierher gehört das Mondglas, zum Unterschiede von dem sogenannten Walzen- oder Cylinderglas auch gestrecktem Tafelglas.

Zur Darstellung des Mondglases benutzt man die ältere Methode Tafelglas oder Glasscheiben herzustellen; es wird das Glas, nachdem es zu einer ganz flachen Glasglocke ausgeblasen war, durch weitere Manipulation in die Form einer 1,5—1,8 m. Durchmesser messenden dünnen Glasscheibe umgestaltet, in deren Mitte sich die dickere Heftstelle, das sogenannte Ochsenauge befindet; diese runde Scheibe wird dann in viereckige Stücke zerschnitten, so dass man sehr zahlreiche, nicht weiter zu verwendende Abfälle erhält; Mondglas zeichnet sich aber durch sehr lebhaften Glanz, durch grosse Gleichmässigkeit und geringe Stärke aus; das Ochsenauge wird zu Laternengläsern verwendet. Durch die vielen Abfälle, die diese Fabrikationsmethode mit sich bringt, ist man von derselben fast überall abgekommen, nur in England behält man sie bei, weil in folge besonderer Steuerverhältnisse diese Glastafeln vortheilhafter sind.

Beim Walzenglas wird durch verschiedene Manipulationen das Glas zu einem regelmässigen Cylinder, der mit der Glaspfeife nur durch eine kuppelartige Kappe verbunden ist, geformt; nach Absprengung dieser Kappe und Aufsprengen des Cylinders seiner ganzen Länge nach bringt man die Walze in den Streckofen, in welchem sie bei einer Temperatur, die eben zum Erweichen des Glases hinreicht, auseinander gelegt wird. Die Höhe der Walze ist bei den gebräuchlichsten Sorten etwa 60—75 cm. die Weite 27 cm., also der Umfang zwischen 84—87 cm.; ausnahmsweise werden auch Walzen bis zu 1,2 m. Höhe und entsprechendem Durchmesser angefertigt.

Die schwach gewölbten Fensterscheiben, auch Spiegelscheiben genannt, werden sehr einfach dadurch erzeugt, dass man die Scheiben auf eine nach der Wölbung geformte eiserne Platte legt und sie in den Ofen schiebt, wo dann das Glas erweicht und sich der Form anschmiegt.

Die gerippten Fensterscheiben werden ganz in derselben Weise dargestellt.

Die feinsten Sorten der Scheiben erhalten sehr häufig noch eine Politur, indem man ihre äussere Oberfläche durch Abschleifen vollkommen ebnet. Man legt zu diesem Zweck eine fertige Scheibe auf eine horizontale Fläche, die mit feuchtem weichem Leder überspannt ist, eine zweite Scheibe drückt man von unten gegen eine ähnliche Vorrichtung, die in geringer Entfernung über der ersten sich befindet, bestreut letztere mit Sand, befeuchtet sie mit Wasser und senkt die obere Scheibe so weit herab, bis sie die untere eben berührt; durch einen besonderen Mechanismus werden beide Scheiben in eine drehende und zugleich schiebende Bewegung versetzt, und wenn sie sich abgeschliffen haben, der Sand durch Tripel und dieser endlich durch Polirroth ersetzt. Ist die eine Seite beider Scheiben fertig, werden sie gewendet, um auch die andere Seite zu poliren. Durch diese einfache Operation sind in neuerer Zeit die polirten Scheiben, die früher ausserordentlich kostbar waren, verhältnissmässig sehr billig geworden, so dass die massenweise Produktion von geschliffenem Tafelglas einen bedeutenden Aufschwung genommen hat.

b) Gegossenes Tafelglas, Spiegelglas, wird gewöhnlich aus ganz farblosem Natronglas angefertigt und dient zu grossen Glasplatten und zu grossen Spiegeln, in neuerer Zeit auch zu Bedachungen (Dachglas) und wird zu diesem Zweck in verschiedenen Stärken mit glatten oder rauhen Flächen gegossen (Rauhglas, Rohglas); die Scheiben, die weiss und $^3/_4$ weiss angefertigt werden, haben oft eine Grösse von 5,10 qm. und darüber und eine Stärke von 10—16 mm. und sind deshalb vollkommen geeignet, jedem Hagelschlage und jeder Schneelast zu widerstehen, da eine Platte von 5,10 qm. durch ein darauf lastendes Gewicht von 442,5 Kilogr. nicht gebrochen wird. In neuerer Zeit wird auch Dachglas mit verstärkten Rippen in Dessins gegossen, ebenso auch Dach-

deckungsziegel, die wie gewöhnliche Dachziegel auf Latten gehängt werden. Erwähnenswerth ist hier auch die Benutzung von Glasplatten zum Trockenlegen von Mauern.

3. Gepresstes Glas. Hohlglaswaaren mit Reliefverzierungen, welche durch Blasen in Formen hervorgebracht werden, sind meistens Bleiglas.

4. Durch besondere Kunstgriffe erzeugte Glassorten sind:

a) Marmorirtes Glas, b) Musselinglas, es wird entweder durch Aufbrennen eines Gemenges von Bleiweiss oder Kalk erzeugt, oder man tränkt ein der Zeichnung entsprechendes Gemälde oder ein Stück Gaze mit Fett, legt dies sorgfältig auf die Tafel, drückt es mit einer Buchdruckerwalze vorsichtig an und setzt dann die so vorbereitete Platte den Dämpfen von Flusssäure aus; natürlich werden nur jene Stellen geätzt, die nicht mit dem fettigen Stoffe belegt sind und man erhält auf diese Weise sehr leicht die zierlichsten Muster. Zum Mattiren des Glases kann man jeden gewöhnlichen Schleifapparat mit Smirgel verwenden. Sehr ausgebildet ist gegenwärtig das Aetzen des Glases mit Flusssäure. c) Filigran oder Fadenglas, d) Millefleur oder Mosaikglas, e) Glasinkrustationen, f) Eisglas oder gefrornes Hohlglas, g) Alabasterglas, auch Beinglas, Milchglas genannt, mit 8—20 pCt. weiss gebrannten Knochen, h) Glasperlen (hohle und massive), i) Glasfäden (zur Darstellung von Quasten).

Irisirendes Glas wird nach einem engl. Patente von Th. W. Webb dadurch hergestellt, dass Zinnchlorid in einem Ofen zum Glühen erhitzt wird bis es zu verdampfen beginnt. Das Glas nimmt diese Dämpfe an und bedeckt sich rasch mit einem irisirenden Ueberzuge. Um tiefere Farbtöne hervorzubringen setzt man dem Zinnsalze Mengen von Barium, und Strontiumnitrat zu. Das Glas wird hierauf angewärmt, und bildet sich das hervorzurufende Farbenspiel während das Glas sich noch in den Händen des Bläsers am Heftrohre befindet[1]).

Eine ähnliche Methode wendet Lobmeyer in Wien an; in einem Porzellanofen mit dichter Blechmuffel bringt man in dem Augenblicke, wenn dem eingesetzten Gegenstande der erforderliche Hitzegrad, das sogenannte Farbenfeuer gegeben ist, in die Muffel eine Mischung von 2 Th. kohlensaurem Barium, 1 Th. Strontium und 4 Th. Zinnsalz; die sich entwickelnden Dämpfe bringen den Lustre hervor. Strontium giebt Roth, Barium Blau, Zinnsalz verschiedene Farben[2]).

In Amerika wird das irisirende Glas dadurch erzeugt, dass man die fertigen Gegenstände mit Säuren unter einen Druck von 2 bis 3 Atmosphären bringt; Wasser mit 2 pCt. Salzsäure genügt, dem Glase sämmt-

---

[1]) Deutsche Industrie Zeitung 1878 S. 377.

[2]) Dinglers Polyt. Journ. 1847 S. 112.

liche Farben des Regenbogens zu geben. Auf diese Weise werden auch Edelstein-Nachahmungen mit prächtigen Farbeneffekten ausgeführt[1]).

Auf die spezielle Fabrikation aller dieser Glasarten einzugehen, liegt nicht in unserer Aufgabe, es ist dies Sache der spezielleren Technologie und wird hier auf die vorzüglichen Lehrbücher der chemischen Technologie von Knapp und Bolley Karmarsch und Heeren hingewiesen[2]).

Die Eigenschaften des dargestellten Tafel- oder Scheibenglases sind in Hinsicht auf spez. Gewicht, Dauerhaftigkeit, Reinheit der Masse, Farblosigkeit, Durchsichtigkeit und Härte sehr verschieden.

Wie gross die Differenz der spezifischen Gewichte ist, wurde bereits erwähnt.

Die Dauerhaftigkeit des Glases muss sich erproben, gegen die Einwirkungen des Wassers, der Alkalien und Säuren, gegen Luft und Licht; es soll aber auch den Wirkungen des siedenden Wassers widerstehen.

Gläser sind um so leichter zersetzbar, je reicher sie an Basen sind; je mehr die Kieselsäure im Verhältniss zu den Basen abnimmt, um so leichter werden letztere dem Glase durch chemische Agentien entzogen. Kocht man kieselsäurearmes Glas mit Säuren, so bilden sich die entsprechenden Salze von Kali, Natron, Kalk, während Kieselsäure gallertartig abgeschieden, und das Glas vollständig zersetzt wird. Aetzende Alkalien entziehen umgekehrt dem Glase Kieselsäure.

Aber es bedarf nicht einmal so starker Agentien, um das Glas zu zersetzen, selbst das beste Glas erliegt endlich dem Einflusse der Atmosphärilien, daher das schnelle Erblinden der Fensterscheiben, wenn die Zusammensetzung des Glases eine fehlerhafte war. Dies geschieht besonders dann in kurzer Zeit, wenn die Luft Ammoniak enthält, wie in Ställen; langsamer wirkt das Wasser durch seine basischen Eigenschaften. Die Alkalien werden dabei dem Glase entzogen und fortgespült, und auf den Scheiben bildet sich ein äusserst zartes Häutchen von Kieselsäure oder kieselsaurem Kalk, welches in Regenbogenfarben schillert. Hat dies Häutchen eine gewisse Dicke erreicht, so blättert es ab, und das Glas erscheint dann trübe und runzlig; wie alle chemischen Prozesse wird auch dieser durch Wärme befördert und deshalb finden wir derartige Scheiben häufig in Treibhäusern. Auffallend ist es, dass eine Verletzung der natürlichen Oberfläche des Glases die Zersetzung desselben befördert, und es ist Thatsache, dass geschliffenes Glas viel schneller erblindet wie geblasenes.

Im allgemeinen widersteht das aus Alkalien und Kalk dargestellte Glas

---

[1]) Bayer. Industrie- und Gewerbeblatt 1878 S. 158.

[2]) Sehr empfehlenswerth ist auch eine neuere Arbeit von Richard Schneider in der im Erscheinen Begriffenen III. Auflage des technischen Wörterbuches von Karmarsch und Heeren, 4. Bd. S. 3 bis 91.

den Einflüssen chemischer Agentien viel besser als das bleihaltige; Salzsäure zersetzt letzteres unter Abscheidung von Chlorblei; Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium bilden Schwefelblei, und zwar um so schneller, je reicher das Glas an Bleioxyd war.

Alle Gläser ohne Ausnahme erliegen der Wirkung der Fluorwasserstoffsäure, welche sie vollständig zerstört. Es bildet sich hierbei Fluorsilicium, welches sich wieder mit den Metallen der Basen vereinigt.

Um Glas auf seine Dauerhaftigkeit zu prüfen, kocht man Stücke davon in konzentrirter Schwefelsäure oder Königswasser; das gute Glas bleibt dabei klar und durchsichtig, das schlechte aber wird rauh und matt. Gutes Glas muss übrigens auch die Abwechselungen der Temperatur innerhalb der gewöhnlichen Extreme der Lufttemperatur, ohne zu zerbrechen, ertragen.

Vom fehlerfreien Glase fordert man übrigens auch Reinheit; es muss eine völlig gleichartige Masse bilden, vollkommen geflossen und ohne alle sichtbaren Einmengungen fremder Stoffe sein; nicht geschmolzene erdige oder salzige Theile machen das Glas sandig, höckrig, eingeschlossene Luft blasig, ein Beweis, dass das Glas nicht gehörig geläutert wurde. Es muss weder rauchig, neblig, noch wolkig sein, eine Folge der Einmengung fein zertheilter, geschmolzener oder ungeschmolzener fremder Materien, als phosphorsaurer Kalk, Zinnoxyd u. a. m.; es darf keine Wellen und Streifen zeigen, auch nicht gewunden sein, denn durch solche Fehler erscheinen die durch das Glas gesehenen Gegenstände verzerrt; sie kommen besonders beim Bleiglas häufig vor.

Glas muss ferner farblos und völlig durchsichtig sein; ist ein Glas in dünnen Schichten scheinbar noch so farblos und durchsichtig, so wird es doch bei dicken Platten gefärbt und dadurch auch weniger durchsichtig erscheinen. Die grösste Farblosigkeit kann man durch die sorgfältigste Reinigung der Materialien, durch die möglichst geringe Menge alkalischer Flussmittel, vollkommenste Schmelzung bei hohen Temperaturen erreichen. Ein Zusatz von Entfärbungsmitteln kann den Mangel jener nie ganz ersetzen. Mit Pottasche übersetztes Glas hat einen Stich in's Grünliche, mit Soda ins Bläuliche, während ein sehr bleihaltiges Glas einen düstern Farbenton besitzt. Erscheint das Glas farbig, so ist es meist durch Eisenoxydul oder Kohle gefärbt, ersteres bedingt dann die verschiedenen Schattirungen von Grün, letzteres färbt gelb, gelbbraun, selbst 0,0002 Kohle können gelbbraun färben. Daher kann bei sehr rauchigem Feuer in offenen Häfen kein weisses Glas geschmolzen werden.

Manganoxydul enthaltende Gläser werden mit der Zeit, wenn sie am Sonnenlichte stehen, durch höhere Oxydation des Manganoxyduls zu Oxyd, violett; dies erfolgt aber nur am Licht.

Je härter das Glas ist, desto mehr Glanz besitzt es und nimmt auch eine schöne haltbare Politur an; die Härte steht mit der Menge des an-

gewendeten Flussmittels in umgekehrtem Verhältniss, Natronglas ist härter als Kaliglas.

Der Ankauf des Fensterglases geschieht in Kisten; beim grünen Glas enthält die Kiste 20 Bund, jedes Bund 20 Scheiben; die letzteren haben verschiedene Grösse; das halbweisse und weisse Glas wird in Bunden verkauft, die je nach der Grösse der Scheiben 1 bis 24 Stück enthalten; so bildet z. B. eine Tafel von 98 cm. Höhe und 81 cm. Breite einen Bund, während 24 Tafeln von der Grösse 39—42 cm. oder 33—36 cm. ebenfalls einen Bund bilden.

Elastisches und dehnbares Glas wurde durch Alfred de la Bastie in Richmont (Departement Aix) hergestellt, und hat sich für viele Zwecke äusserst brauchbar erwiesen; ein Versuch mit Tafelglas von 3 mm. Stärke ergab erst einen Bruch nachdem man ein Gewicht von 100 g. aus einer Höhe von 5,75 m. auf die Glastafel fallen liess, während gewöhnliches Glas von 6 mm. Stärke schon unter Anwendung des gleichen Gewichtes bei einer Fallhöhe von 0,80 m. zertrümmrrt wurde. Das la Bastie-Glas zerbrach dabei nicht in grössere oder kleinere Stücke, sondern zerstiebte in ganz kleine Krystalle, ähnlich den sogenannten Glasthränen.

Proben in bezug auf die Widerstandsfähigkeit gegen den Einfluss der Hitze ergaben, dass ein Streifen des de la Bastie'schen Glases bis zur Rothglut durch eine Flamme erhitzt Widerstand leistete, während ein gewöhnlicher Glasstreifen einer gleichen Flamme ausgesetzt schon nach 24 Stunden zersprang; der rothglühende la Bastie'sche Glasstreifen in kaltes Wasser getaucht und nochmals der Flamme ausgesetzt blieb sogar unversehrt.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass das „verre trempé“ äusseren Einwirkungen, wie Hagel vollkommen widersteht und dass auch die Hitze keinen zerstörenden Einfluss auf dasselbe ausübt. Lampencylinder würden z. B. jede Probe bestehen und auch für Küchen und Haushaltungsgeschirre würde dasselbe der Fall sein.

Die Erfindung von la Bastie besteht darin, dass das Glas während es etwa bis zum Erweichen erhitzt wird, in ein flüssiges hermetisch geschlossenes und erhitztes Bad von Oel, Fett, Wachs, harzigen oder bituminösen Stoffen gebracht und darin nach und nach abgekühlt wird. Hierbei steht der Ofen zum Erhitzen des Glases und das Temperbad mit einander in Verbindung, so dass das Eintauchen mit möglichst wenig Arbeit erfolgen kann.

Auch Professor Bauer in Wien hat in ähnlicher Weise Hartglasplatten hergestellt, indem er dieselben stark erhitzte und sie dann in geschmolzenes Paraffin von 200° C. untertauchte; hierbei wurde grosses Gewicht darauf gelegt, die von der Hitze erweichte Glastafel, anfangs bis zu einem gewissen Grade schnell, dann aber sehr langsam abzukühlen. War dies vollständig gelungen, so konnte man die betr. Glasplatte selbst mit dem Diamanten nicht mehr zerschneiden.

Als weitere Modifikationen in der Herstellung von Hartglas sind: das Vulkanglas des Dresdner Ingenieur Piper, das Metallglas der Techniker Lubisch und Riederer (Solms'sche Glasfabrik), das Presshartglas von Dr. Siemens in Dresden; und auch der Direktor der Gesellschaft zur Erzeugung meteorologischer Instrumente Stahl erfand ein Verfahren zum Härten optischer Gläser, während der Dirigent der Schaffgosch'schen Glashütte unzerbrechliche gläserne Jagdflaschen machte.

Heinr. Hildebrand (Wittichenau in Schlesien) war einer der ersten, welchem es gelang aus Hartglas Glascylinder, Milchflaschen, Becher etc. von ganz besonderer Haltbarkeit und Widerstandsfähigkeit gegen jeden Temperaturwechsel anzufertigen; auch wird berichtet, dass beim endlich eintretendem Zerspringen die Bruchstücke aus grossstückigen Scherben mit reinem Bruch bestehen, ohne Spuren einer durchgängigen Zersplitterung, wie dies bei anderem Hartglas der Fall ist und häufig zu argen Verletzungen Veranlassung gegeben hat. Diese Erfolge sollen darauf beruhen, dass das in Rede stehende Glas seine Härtung nicht durch den Kühlprozess erhält, sondern durch eine eigenthümliche chemische Komposition des Glassatzes. Auf der Ausstellung in Philadelphia wurden ähnliche Gläser von Ditheridge & Comp. ausgestellt und fanden daselbst Bewunderung[1]).

Das Abkühlungsverfahren zur Herstellung von Hartglas muss nach dem niederen oder höherem Schmelzpunkte des Glases modifizirt werden; für Gläser, die hauptsächlich aus Kaliumbleisilikat bestehen, verwendet man billige Oele oder Fette, namentlich Paraffin, das auf 250 bis 300° C. erhitzt wird. Glycerin hat den Vorzug, dass es nicht zu leicht Feuer fängt und leicht auf der Temperatur von 250° erhalten werden kann, bei welcher es siedet; durch Zusatz von basischen Salzen kann der Siedepunkt auf 277 bis 315° erhöht werden.

Die Kaliumkalksilikate sowie die Natriumkalksilikate erfordern eine weit höhere Temperatur, weshalb hierfür die bei 315 bis 338° C. siedende Schwefelsäure zu empfehlen ist. Das Natriumkalksilikat muss in geschmolzenem Salpeter oder in einer bei 238 bis 360° C. schmelzenden Antimonzinn-Legirung gekühlt werden, während die Borax- und Baryt Gläser in einer 400° schmelzenden Bleiantimon-Legirung zu behandeln sind[2]).

Was das Färben des Glases anbetrifft, so eignet sich vielleicht keine Substanz mehr dazu wie das Glas, und eine wie hohe Vollkommenheit man schon im Alterthum in dieser Kunst erreicht hatte, zeigen die römischen Mosaiken, worin man 11,000 Farbtöne nachzuweisen sich die Mühe genommen hat. Trotz dieser grossen Mannigfaltigkeit gehört dennoch das Färben des Glases zu den schwierigsten Operationen, und manche besonders schöne Farben sind immer noch Geheimniss einzelner Fabriken.

---

[1]) Der Maschinerbauer 1877. S. 67.

[2]) Deutsche Industrie Zeitung 1876 S. 197.

Die gewöhnlichsten Färbungsmittel sind die Metalloxyde, so erhält man z. B. Gelb durch Silber, Antimon und Uran, Roth durch Eisenoxyd Gold oder Kupferoxydul, Blau durch Kobalt und Smalte, Grün durch Eisenoxydul, Kupferxoyd, Chromoxyd, Violett durch Mangan etc.

Das Grüngelb des Urans erhält man durch Zusammenschmelzen des Glassatzes mit Uranoxyd, das Silber dagegen, welches ebenfalls ein schönes Gelb giebt, wird als Chlorsilber mit Thonerde gemischt, auf die fertigen Glaswaaren aufgetragen und dann eingebrannt. Das Roth des Kupferoxyduls kann in allen Nüancen vom Scharlach bis zum Karmin und Rosenroth erhalten werden; das Grün des Eisenoxyduls ist wie das Roth des Eisenoxyds wenig rein und feurig, aber die Färbung durch Kupferoxyd erreicht die Schönheit der besten Smaragde. Chromoxyd färbt sehr rein grasgrün. Kobalt färbt sehr intensiv, und die Smalte, welche im Handel als Farbstoff vorkommt, ist nichts als blau gefärbtes Glas. Das schönste Schwarz erhält man durch Iridium; da aber dies Metall sehr theuer ist, so nimmt man meist starke Quantitäten von Eisenoxydul, Kobaltoxyd und Kupferoxydul oder ähnliche Mischungen; für ganz gewöhnliches Glas reicht auch der Basalt aus.

Beim Färben des Glases treten die räthselhaftesten Erscheinungen auf, so färbt das Eisenoxydul grün, das Eisenoxyd gelb, aber unter Umständen, die wir nicht immer willkürlich hervorbringen können, färbt das Eisen auch blau, purpurroth oder orange. Durch Mangan gefärbtes Glas kann nach einander braunroth, gelb und grün werden; ist es anfangs auch ganz farblos, so wird es am Licht binnen wenigen Wochen gelb, während es im Dunkeln unverändert bleibt, andererseits werden die ursgrünglich farblosen Fensterscheiben mit der Zeit violett. Die Färbung durch Gold ist besonders auffällig; das geschmolzene Glas, welchem Gold zugesetzt wurde, ist farblos, ändert sich auch nicht beim langsamen Erkalten; wenn man es aber dann von Neuem bis zum schwachen Glühen erhitzt, so erscheint die herrliche rothe Farbe und wird immer intensiver. Schnell abgekühltes Glas färbt sich nicht.

Auch das Kupferoxydulglas ist anfangs farblos und färbt sich erst beim Erhitzen.

Die Alten haben das Färben des Glases viel besser verstanden als wir, und manche schöne Glasflüsse wurden erst in neuester Zeit mit Mühe nachgeahmt. So ist es Pettenkofer gelungen, das Hämatinon und das Aventuringlas vollkommen nachzuahmen. Beides sind mit Kupferoxydul gefärbte Gläser, und ersteres wird dargestellt, indem man die nach bestimmten Verhältnissen zusammengeschmolzene Glasmasse zum zweitenmal bis zum Erweichen erhitzt und dann sehr langsam erkalten lässt. Hierbei findet eine Krystallisation des Kupferoxyduls statt, und diese bedingt den eigenthümlichen Farbton. Beim Aventuringlas ist die Krystallisation des Kupferoxyduls noch weiter fortgeschritten, aber die Krystalle

befinden sich hier in einer tiefgrünen Masse, wodurch die Farbe abgeändert wird.

Nicht immer wird das Glas in seiner ganzen Masse gefärbt, sondern man überzieht farbloses Glas mit farbigem; die Operation nennt man das Ueberfangen. Das Ueberfangen bietet den Vortheil, dass man durch verschiedene Dicke der farbigen Schicht verschiedene Nuancen hervorbringen kann; liegt das farbige Glas aussen, so kann man durch Abschleifen an einzelnen Stellen einen helleren Ton erzeugen, auch kann man die farbige Schicht ganz wegschleifen und so weisse Zeichnungen auf farbigem Grund erhalten, oder umgekehrt. Durch mehrmaliges Ueberfangen und Schleifen kann man äusserst mannigfache Resultate erzielen.

Farbige Gläser musivisch zusammenzusetzen und so bunte Glasmosaiken zu erzeugen, hat man schon in der altchristlichen Zeitperiode geübt, indem man verschieden gefärbte Gläser, dem Kolorit von Gemälden entsprechend, in Stücke zerschnitt, und diese zu Bildern zusammenfügte. Die das Gemälde bildenden verschieden grossen und verschiedenfarbigen Glasstücke wurden schon frühzeitig durch Bleieinfassung verbunden; die Glasstücke werden nach den vorhandenen Konturen der Umrisse zugeschnitten, damit die dunklen Bleilinien mit diesen zusammenfallen. Diesen rein mechanisch zusammengesetzten Bildwerken gab man, um höhere Wirkung zu erzielen, anfänglich Schattirungen mit Wasser- oder Oelfarben, später aber verwendete man hierzu verglasbare Metallfarben, welche, um bleibenden Widerstand zu leisten, auf die Glasfläche eingeschmolzen wurden. Hiermit war die erste Stufe zur Glasmalerkunst erstiegen. Die ältesten Glasgemälde stammen aus den letzten Jahren des 10. Jahrhunderts und wurden im Mönchskloster von Tegernsee angefertigt; der älteste Glasmaler war zugleich sein eigener Glasmacher, Glasfarbenbereiter, Kartonzeichner und Glaser. Neben der Glasmalerei bildete sich die Mosaikmalerei (opere musaiko) aus, und durchlief wie die Glasmalerei die verschiedensten kunsthistorisch interessanten Entwickelungsstufen; noch heutigen Tages werden römische und florentinische Mosaikarbeiten gefertigt, dieselben bestehen meistentheils aus musivischen Verzierungen von Schmuckgegenständen, wie Brochen, Halsbändern etc. oder wie in Florenz aus musivischen Tischplatten, Thürpfosten, Kaminen, Vasen u. dergl. welche mit Vögeln, Architekturansichten, Blumen und stilvollen Ornamenten verziert sind. Das Verfahren besteht meist darin, dass eine Kupferplatte in der Grösse des Originals mit einem Rande versehen und dann etwa 6—10 mm. mit dickem Cementbrei, bestehend aus Travertinpulver, Kalk und Firniss bedeckt wird, welcher, nachdem er darin fast erhärtet, noch mit Gyps bestrichen und geebnet wird. In diesen Gypsüberzug wird das Mosaikglas (Smalto) in kleinen Stücken und entsprechender Farbe eingesetzt; diese bestehen in kleinen Würfeln, welche scharfkantig geschliffen und an einander gefügt

werden. Ist das ganze Bild so zusammengesetzt, so wird die Oberfläche geschliffen und polirt.

In neuester Zeit wurde die Glasmosaikfabrikation in grösserem Massstabe wieder in Venedig aufgenommen, woselbst — und zwar auf der Insel Murano, sich die grossartig angelegte Glasfabrik von Salviati auch damit beschäftigt, Glasprismen für musivische Arbeiten anzufertigen.

Die Glasmasse wird in Tafeln von Fingerdicke gegossen, welche man nach dem Erkalten in 15 mm. breite Stäbe schneidet und bricht, deren untere und obere Gussflächen glatt, deren seitliche Bruchflächen rauh sind. Die Glasmasse ist durchgängig mit der betreffenden Farbe gefärbt, mit Ausnahme von Gold und Karmin, welche als dünne farbige Glasschicht Anwendung finden auf einer farblosen oder milchweissen Unterlage oder als Ueberfangglas. Die Stangen werden in der Fabrik zu Würfeln zerschlagen, deren Bruchflächen rauh und völlig stumpf, später die Aussenflächen der Mosaik bilden. Sehr rauhe Würfel werden mit einem Hammer auf einem Holzblocke etwas geebnet. Kleine bis federdicke Stangen bricht der Arbeiter selbst, indem er die Bruchfläche zuvor mit der Feile einkerbt.

Die einzelnen Glasprismen werden dann musterartig auf Kartonpapier mit Leim aufgeklebt, und bildet die Klebseite der Prismen die später nach aussen gewendete Fläche, die nach oben gekehrte Seite ist die später in den Mörtel zu drückende; hieraus ersieht man, dass die von Salviati fertig gelieferten Glasmosaiken sofort als Façadenschmuck oder im Innern der Gebäude in Mörtel versetzt werden können, und wird dies Versetzen auch von Werkleuten vollführt, die der Fabrik angehören.

Bei dem Einsetzen der Mosaikbilder ist die Stelle recht rauh anzuhauen und mit einem gut bindenden feinen Mörtel in der Stärke von 30 mm. zu versehen; in diesen wird der Mosaikteppich so eingedrückt, dass der Mörtel in die Zwischenräume der Prismen eindringt und dieselben vollständig ausfüllt. Der an der Mosaikfläche haftende Karton ist durch Wasser leicht abzuweichen.

Die Salviati'schen Glasmosaiken haben sich überall, wo sie zur Anwendung kamen, grosser Anerkennung zu erfreuen gehabt und es kann nur erwünscht sein, dass hauptsächlich das Kunstgewerbe diese für ein künstlerisches Beleben unserer Architektur höchst geeignete Technik acceptire und einbürgere!

Das Wasserglas.

Während bereits dem Basilius Valentinus im Jahre 1520 eine an der Luft zerfliessende Verbindung der Kieselsäure mit Kali bekannt war, die sogenannte Kieselfeuchtigkeit, wurde von Fuchs im Jahre 1825 das Wasserglas, aus Quarz und Pottasche hergestellt, erfunden und bekannt

gemacht; es sind 4 Arten von Wasserglas zu unterscheiden: 1. Kaliwasserglas, 2. Natronwasserglas, 3. Doppelwasserglas, 4. Fixirungswasserglas.

1. Kaliwasserglas wird bereitet aus 15 Gewichtstheilen pulverisirten Quarz oder reinen Quarzsand, 10 Theilen gut gereinigter Pottasche, 1 Th. Holzkohlenpulver; diese Ingredienzien werden gut gemengt und in einen Tiegel bei der Schmelzhitze des Glases zusammengeschmolzen; das sich ergebende Glas wird pulverisirt und in ungefähr 5 Th. siedendem Wasser unter beständigem Umrühren gelöst, so dass der entstehende Syrup 30° B. (1,24—1,3 spec. Gewicht) besitzt. Zum leichteren Transport kann es unter beständigem Umrühren zu einer festweichen Masse eingedampft und am besten in einem Gefäss von verzinntem Eisenblech verpackt werden; im ersteren Fall füllt man es in Glasballons ein.

2. Natronwasserglas wird bereitet aus 45 Th. Quarz, 23 Th. wasserfreies, kohlensaures Natron, 3 Th. Holzkohlenpulver; dieses Gemenge ist etwas leichter schmelzbar als Kaliwasserglas, und das mit Kieselerde vollständig gesättigte Produkt giebt mit Wasser eine etwas opalisirendere Auflösung als das mit Kali bereitete, bei gleichem Zustand der Konzentration.

3. Doppelwasserglas ist gemischt aus Kali- und Natronwasserglas, wobei in demselben gleiche Aequivalente Kali und Natron vorhanden sind, zur unmittelbaren Herstellung verwendet man: 100 Th. Quarz, 28 Th. gereinigte Pottasche, 22 Th. neutrales wasserfreies kohlensaures Natron, 6 Th. Holzkohlenpulver. Es ist merklich leichter schmelzbar, als jedes der vorhergehenden.

Man stellt das Doppelwasserglas auch dar durch Mischung von 3 Masstheilen konzentrirtem Kaliwasserglas und 2 Masstheilen konzentrirtem Natronwasserglas.

4. Fixirungswasserglas wird so dargestellt, dass man dem gewöhnlichen, mit Kieselsäure vollkommen gesättigtem Wasserglase, eine Portion Natronkieselfeuchtigkeit hinzusetzt; zur Darstellung der dazu verwendeten Natronkieselfeuchtigkeit werden 3 Th. reines wasserfreies kohlensaures Natron mit 2 Th. Quarzpulver zusammengeschmolzen, mit dem dadurch erhaltenen Produkt eine konzentrirte Auflösung gemacht und davon 1 Masstheil zu 4—5 Masstheilen von dem konzentrirten und mit Kieselerde vollkommen gesättigtem Kaliwasserglas beigemischt, wodurch es durch einen Zusatz von Kieselerde, einen grössern Alkaligehalt bekommt, welcher hinreicht, die sonst eintretende schnelle Zersetzung zu verhindern.

In England stellt man das Wasserglas her, indem man die sehr billigen Feuersteine (Flint) in Stücke von der ungefähren Grösse eines Kubikcentimeters zerschlägt und sie in einer kaustischen Lauge von 1,25—1,3 spec. Gewicht unter einem Dampfdrucke von $4\frac{1}{2}$ bis 6 Atmosphären kocht.

Da diese Methode jedoch nur ein sehr alkalisches, ätzendes Wasserglas liefert, bei welchem das Verhältniss des Alkali zur Kieselsäure sich nahezu wie 1 : 2 verhält, so hat es F. Capitaine unternommen, aus der gegenwärtig in den Handel gebrachten vollständig kalcinirten Infusorienerde Wasserglas herzustellen, wobei ein Zusammenschmelzen der Rohmaterialien vermieden wird.

Er verwendet eine aus Soda hergestellte Lauge, die in einem Digestor mit Rührwerk unter Einwirkung von Dampf die kalcinirte Erde vollständig löst; die so erhaltene rothe Flüssigkeit wird geklärt und erhält man ein „blankes und helles" Produkt. Bei Selbstbereitung der kaustischen Lauge aus Soda, wird diese Methode als die wohlfeilste bezeichnet[1]).

Für alle gewöhnlichen Zwecke wird das Natronwasserglas benutzt, nur zur Stereochromie dient das in der Hauptsache aus Kaliwasserglas bereitete Fixirungswasserglas.

Wasserglas bildet eine farblose oder wenig gefärbte, durchsichtige, glasartige, harte und spröde Masse mit muscheligem Bruch, ist an der Luft unveränderlich und giebt mit kochendem Wasser eine syrupartige Lösung, die sich klebrig und fettig anfühlt, alkalisch reagirt und mit Wasser verdünnt durch die Kohlensäure der Luft zersetzt wird. Auch die meisten Salze zersetzen das Wasserglas, und man muss daher zum Verdünnen destillirtes oder Regenwasser anwenden. An Holz oder Metall gestrichen, hinterlässt Wasserglas einen firnissartigen Ueberzug, der nicht leicht abspringt, aber von anhaltend nasser Witterung aufgeweicht wird.

Präparirtes Wasserglas kommt 33 grädig oder 66 grädig in den Handel; im ersten Falle befinden sich in 100 Gewichtstheile 33 Gewichtstheile festes Wasserglas und 67 Gewichtstheile Wasser; das 66 grädige enthält dagegen 66 Gewichtstheile festes Wasserglas und 34 Gewichtstheile Wasser.

In der Industrie hat das Wasserglas vielfache Anwendung gefunden; seine erste Benutzung fand es beim Münchener Hoftheater als Schutzmittel gegen das Feuer, indem es als Ueberzug für Gegenstände aus Holz, Leinwand, Papier dieselben vor dem rapiden Verbrennen schützt. Zu den Wasserglasanstrichen setzt man der Wasserglaslösung wohl Thon, Kreide, Glaspulver, Schlackenpulver, gemahlenen Flussspath, Feldspath etc. bei. Das 33 grädige Wasserglas wird beim ersten Anstrich mit der doppelten Gewichtsmenge Regenwasser verdünnt; man giebt mehrere Anstriche und lässt jeden Anstrich, bevor man einen neuen aufträgt gut trocknen, wozu wenigstens 24 Stunden Zeit erforderlich sind. Zu den späteren Anstrichen bedient man sich einer starken Auflösung und zwar einer solchen, welche aus gleichen Gewichtstheilen Wasserglas von 33° und Regenwasser besteht. Anstriche von Wasserglas auf Holz, Leinwand,

[1]) Dingler's polyt. Journ. 1876 B. 222. S. 363.

Papier etc. machen letzteres nicht nur unempfindlich gegen helles Aufflammen, sondern treten auch konservirend auf, und bilden einen Schutz gegen Fäulniss, Schwamm und Wurmfrass.

In neuester Zeit streicht man Holz etc. um es gegen Feuer zu schützen zuerst mit verdünnter, dann mit konzentrirtem Wasserglas an und tränkt es schliesslich mit Kieselfluorwasserstoffsäure.

Sehr haltbar werden Wasserglas-Anstriche, wenn man Erden oder Metalloxyde zusetzt, weil diese mit der Kieselsäure des Wasserglases eine in Wasser unlösliche Verbindung bilden, die durch überschüssiges Wasserglas festgehalten wird.

Man erhält dann farbige Anstriche, kann aber, um eine bestimmte Farbe zu erzielen, nicht immer die gewöhnlichen Farbekörper anwenden, weil diese häufig durch das alkalische Wasserglas zersetzt werden.

Zu Weiss eignen sich Bleiweiss, Zinkweiss, Permanentweiss und Schlämmkreide; zu Grün grüner Ultramarin, Chromoxyd und Kobaltgrün; zu Gelb chromsaurer Baryt, Uranoxyd, Kadmiumoxyd; zu Blau Ultramarin und Smalte; zu Roth Chromroth und Eisenoxyd in allen seinen Nuancen; zu Schwarz Kienruss, Graphit, thierische Kohle oder Iridiumschwarz.

Die Farben werden mit abgerahmter Milch, die mit gleichviel Wasser verdünnt ist, abgerieben. Man giebt dem Holz zuerst einen Anstrich von mit gleichviel Wasser verdünntem Wasserglas, trägt, wenn dieser trocken ist, nach 3 Stunden die Milchfarbe auf, und giebt, wenn diese trocken ist, einen zweiten Wasserglasanstrich, um die Farben zu fixiren. Nun wird fortgefahren, abwechselnd einen Farben- und einen Wasserglasanstrich zu geben, und schliesslich kann man die Fläche schleifen und poliren. Zuletzt polirt man allemal mit einem wollenen Lappen, der in Leinöl getränkt ist, und wenn trotzdem nach einiger Zeit ein weisser Anflug erscheinen sollte, so nimmt man denselben mit einem nassen Schwamm weg und polirt hinterher noch einmal mit dem Leinöllappen.

Die Wasserglasanstriche, welche sich besonders auf Holz, Mörtel, Stein, Eisen und Zink eignen, lassen sich rasch ausführen, verbreiten keinen Geruch, dunkeln nicht nach, sind dauerhaft und billig und daher in vielen Fällen den Anstrichen mit Oelfarbe vorzuziehen.

Einen feuerfesten Anstrich auf Eisen für gusseiserne Oefen erhält man mittelst einer mit geschlämmtem Braunstein versetzten Wasserglaslösung.

Barytweiss mit Wasserglas giebt einen sehr schönen milchweissen Anstrich auf Glas, der sich zu Etikettenschildern eignet und nach einigen Tagen mit heissem Wasser nicht mehr abgewaschen werden kann. Bei hoher Temperatur verwandelt sich der Anstrich in Email.

Gelöschter Kalk zersetzt das Wasserglas sehr schnell und bildet zusammengerieben damit eine steinharte Masse, die aus kieselsaurem Kalk

besteht. Hiervon macht man sehr praktische Anwendung, indem man Kalkwände wiederholt mit verdünntem Wasserglas (1 : 2) überstreicht. Wird weiche Kreide in mässig konzentrirtes Wasserglas getaucht und ungefähr 2 Tage darin gelassen, dann herausgenommen und getrocknet und wiederum eine Zeit lang in etwas mehr verdünntes Wasserglas eingelegt, so wird die Kreide ganz vom Wasserglas durchdrungen und bekommt beim Austrocknen eine Härte, welche der des Marmors nahe steht, eine gute Politur annimmt und im Wasser nicht im mindesten erweicht, hierbei findet keine chemische Wechselwirkung statt, keine Umsetzung der Bestandtheile zu Calciumsilikat und Kaliumkarbonat, und erscheint die Erhärtung nur als eine Wirkung der Adhäsionskraft.

Zinkoxyd und Magnesia wirken vorzüglich energisch auf das Wasserglas, in dem sich die Kieselerde mit einem Theil Kali mit der Magnesia oder dem Zinkoxyd verbindet und zugleich etwas Kaliumkarbonat gebildet wird. Unter dem Namen Silikat bringt die Gesellschaft Vieille Montagne, welche die Zinkgruben bei Aachen ausbeutet eine gelblich weisse Wasserglas-Farbe für Anstriche an Häusern etc. in den Handel, die aus natürlichem Galmei hergestellt zu sein scheint, der mit dem sie begleitenden Gestein gemahlen und soweit erhitzt wurde, dass nur das kohlensaure Zinkoxyd seine Kohlensäure verliert, nicht aber der kohlensaure Kalk.

Aus Gyps angefertigte Gegenstände kann man jedoch mit Wasserglas nicht imprägniren, um sie luftdichter und fester zu machen, ja man muss es überall vermeiden, sie zusammenzubringen, denn Gyps mit Wasserglas zusammengerieben kommt sogleich zum Stocken und beim Austrocknen wittert sehr bald viel schwefelsaures Kali oder Glaubersalz aus, je nachdem man zu dem Versuche Kali- oder Natron-Wasserglas genommen hat; diese Auswitterungen zerstören die ganze Oberfläche des Gypses.

Von vorzüglicher Wirkung zeigt sich das Wasserglas, wenn man dem gebrannten Gypse 10—50 pCt. Flussspathpulver zusetzt und damit innig vermischt, Gussstücke damit herstellt, und sie in Wasserglaslösung tränkt; auf der Oberfläche der Gussstücke bildet sich dann eine Fluorverbindung, die glasartig und undurchlässig ist.

Mischt man nassem Thone gepulverten Flussspath bei, so werden die daraus angefertigten Thonwaaren schon nach schwachem Brande und darauf folgender Behandlung mit Wasserglas hart und undurchlässig.

Auch Mörtel und künstliche Steinmassen lassen sich durch gleichzeitige Anwendung von Flussspath und Wasserglas härten[1]).

Eine wichtige Anwendung findet Wasserglas auch bei der Fabrikation von künstlichen Steinen[2]).

---

[1]) Dinglers Polyt. Journal 1879 Bd. 234 S. 80.

[2]) Siehe Victoriasteine und die Kunststeine von Ransome im I. Bd. S. 400 u. s. w.

Von der verkieselnden Wirkung des Wasserglases macht man in Frankreich allgemeinen Gebrauch, nicht allein bei Neubauten, sondern man sucht auch die alten historischen Bauwerke gegen Verwitterung durch künstliche Silikation zu schützen; alle berühmten Architekten Frankreichs sprechen sich sehr günstig über die Erfolge aus, die durch Wasserglastränkungen der harten sowohl wie der weichen Bauquadern, ob Sand- ob Kalkstein, seit vielen Jahren in befriedigender Weise erreicht wurden; sie heben hervor, dass mit Wasserglas behandelte Steine die Flechten und Moosbildungen verhindern, dass sie nach dem Regen schneller als sonst trocken werden, viel weniger Staub ansetzen, eine schöne Farbe behalten und auffällig an Härte und Dauer zunehmen.

In einem Werkchen, die Silikatisation nach Fuchs in München, angewendet zur Bewahrung der Monumente von Leon Dalemagne, ist von Viollet-le-Duc und andern die Methode von Dalemagne als höchst zweckmässig und vortheilhaft anerkannt und empfohlen, und ein Bericht des Regierungsarchitekten A. Lance schliesst mit folgendem Satz: „Aber die Silikatisation ist jetzt zu bekannt, um ihren Gebrauch den Architekten zu empfehlen, und die an den Domkirchen von Paris, Amiens und Chartres, am Louvre, an der Schule der schönen Künste, an den Palästen von Luxemburg, von Versailles, von Fontainebleau etc. ausgeführten Arbeiten sind so unwiderleglich, um nur noch ein Wort hinzuzufügen;“ und heisst es weiter: „Was uns entschlossen hat, wieder auf diesen Gegenstand zurückzukommen, ist eine neue sehr wichtige Anwendung des Herrn Dalemagne, welche in dem Gebrauche eines neuen Kieselmörtels besteht, welcher dazu dient, nicht nur die Steine zu beschützen, sondern dieselben in gewissen Umständen zu ersetzen. Dieser Mörtel ist kürzlich mit Erfolg an der Kirche von St. Denis unter der Aufsicht des Herrn Viollet-le-Duc probirt worden. Herr Villeminot, ein sehr verdienstvoller Bildhauer, welcher das neue Produkt des Herrn Dalemagne bei der Restauration der Karl Martel's Bildsäule, entweder zur Ersetzung gewisser mangelhafter Partien, oder zur Kittung einiger anderer anwandte, hat sich sehr gut dabei befunden. Nach einigen Tagen, oder vielmehr nach nach einigen Stunden, war dieser Mörtel härter als Stein, und die Verkittung schien allen Proben Genüge zu leisten[1].“

Somit scheint in Frankreich das Wasserglas eine weit bedeutendere Anwendung gefunden zu haben, wie dies bisher in Deutschland, dem Sitz der Erfindung, der Fall gewesen ist.

Wasserglas von 33 pCt. eignet sich auch gut zum Kitten von Porzellan und muss warm aufgetragen werden, widersteht aber nicht der

---

[1]) La Stéréochromie peinture monumentale par le Dr. J. N. Fuchs de Munich; traduite en français et précédée de quelques Notes sur la Silikatisation appliquées à la conservation de Monuments par Leon Dalemagne à Paris.

Nässe. Dagegen erhält man eine sehr haltbare Mischung zum Ausfüllen von Fugen und zum Kitten von Stein, wenn man Wasserglas mit hydraulischem Kalk zu einem Brei mischt; die Masse erhärtet sehr schnell und darf deshalb nur in geringen Quantitäten angemacht werden.

Kittet man gesprungene Glasflaschen oder irdene Krüge mit Wasserglas, so muss man das Gefäss stark erwärmen, damit sich die Luft in demselben ausdehnt, dann aber verschliesst man es luftdicht, und streicht das Wasserglas von aussen über die Sprünge. Indem das Gefäss allmälig erkaltet, entsteht in demselben ein luftverdünnter Raum, und die äussere Luft drükt nun das Wasserglas in die Risse hinein. Ist das Wasserglas nach einigen Tagen getrocknet, so spült man die Flaschen mit Kalkwasser und dann mit reinem Wasser aus, worauf sie wieder benutzt werden können.

Um Glasretorten zu kitten wendet man Wasserglas in gemahlenem Zustande, in Form eines feinen weisslichen Pulvers an und versetzt es mit 3 bis 4 Theilen Thon; einen vorzüglichen Kitt erhält man auch, wenn man passende magere Thonsorten, namentlich Chinaclay mit einer Lösung von Aetznatron mischt; auch eine konzentrirte Sodalösung lässt sich anwenden. Aetzkali und Pottasche erfüllen denselben Zweck.

Zur Herstellung eines wetterbeständigen unlöslichen Steingusses schlägt E. Mayer in Cöpenik vor: Man mische 7 Th. Kalkhydrat mit 5 Th. vorher schwach geglühtem Talk; von dieser Mischung wird dann 1 Th. mit 1 Th. Kreide, 2 Th. Sand, 2 Th. Glaspulver, 6 Th. pulverisirten Flussspath und soviel Kaliwasserglas von 1,3 spec. Gewicht vermengt, dass eine breiartige Masse entsteht, die sich leicht in Formen giessen lässt und welche in 10 bis 40 Minuten erstarrt. Nach dem Trocknen werden die Abgüsse abwechselnd mit verdünntem Wasserglas und Kieselfluorwasserstoffsäure getränkt. In gleicher Weise kann auch ein Gemisch von gleichen Theilen gepulvertem Glas und Flussspath mit konzentrirtem Wasserglas behandelt werden[1]).

Farbige rascherhärtende Kitte erhält man nach R. Böttger: Man rührt eine Natronwasserglaslösung von 33° B. mit feiner Schlämmkreide unter Zusatz nachfolgender Stoffe recht innig zu einer plastischen Masse an, so erhält man eine in 6—8 Stunden erhärtende Kittmasse von ausserordentlicher Festigkeit; 1. feingesiebtes Schwefelantimon giebt eine schwarze Kittmasse, die nach erfolgtem Festwerden sich mit Achatstein poliren lässt; 2. Limatura ferri staubförmiges Gusseisen — grauschwarz; 3. Zinkstaub, sogenanntes Zinkgrau, giebt graue Masse, die mit Achatstein polirt eine glänzend weisse metallische Zinkfarbe annimmt, dieser Kitt haftet an Metallen, Holz und Stein gleich fest; 4. kohlensaures Eisenoxydul giebt hellgrün; 5. Chromoxyd — dunkelgrün; 6. Thenardsches

[1]) Dingler's polyt. Journ. 1879 Bd. 231 S. 381.

(Kobalt-) Blau — blau; 7. Mennige — orange; 8. Zinnober — hochroth; 9. Carmin — violett; Wasserglaslösung mit Schlemmkreide allein gemengt, giebt einen weissen Kitt von ausserordentlicher Festigkeit, Schwefelantimon und limatura ferri zu gleichen Quantitäten gemischt giebt mit Wasserglaslösung angerührt einen schwarzen Kitt von höchster Härte; einen dunkelbraunen Kitt, der steinhart wird, erhält man durch gleiche Maasstheile Zinktaub und limatura ferri mit Wasserglaslösung vermengt.

Zu den vorzüglichsten Nutzanwendungen des Wasserglases gehört unstreitig die zu malen, da es vorzüglich geeignet ist, die Farben gut zu binden und den Gemälden grosse Dauerhaftigkeit zu geben. Diese Malerei, durch Fuchs erfunden, wurde von demselben Stereochromie (στερεός fest, dauerhaft, χρῶμα die Farbe) genannt; bei ihr bildet das Wasserglas nicht blos das Bindemittel für die verwendeten Farben, sondern es schafft auch eine durchaus feste und dauerhafte Unterlage für sie.

Soll ein stereochromisches Bild auf einer gemauerten Wand ausgeführt werden, so hat man hauptsächlich für einen guten Untergrund zu sorgen, der aus einem Bewurf von gutem nicht zu fettem Mörtel besteht; ist dieser Bewurf getrocknet und mehrere Tage hindurch der Luft ausgesetzt, so dass der in dem Mörtel vorhandene Kalk durch Aufnahme von Kohlensäure seine ätzende Eigenschaft verloren hat, so wird er mehrmals nach jedesmaligem Austrocknen, fast bis zur Sättigung, mit verdünntem Wasserglas (1 Vol. Wasser, 1 Vol. Wasserglas) getränkt, und zwar verwendet man hierzu das Natron- oder Doppel-Wasserglas, versetzt mit so viel Natronkieselfeuchtigkeit, dass es nicht opalisirend, sondern ganz klar ist. Der Obergrund, auf den das Gemälde ausgeführt werden soll, wird ebenfalls aus Kalkmörtel hergestellt, nur verwendet man dazu am besten destillirtes oder Regenwasser und statt des gewöhnlichen Sandes einen gleichförmig gestossenen Marmor- oder Dolomitsand, frei von staubigen Theilen und gleichmässigem nicht zu grossem, nicht zu kleinem Korn.

Dieser Mörtel wird nur eine Linie dick auf den Untergrund aufgebracht, und wenn er trocken geworden ist, mit einem scharfen Sandstein abgerieben, um die dünne Lage von kohlensaurem Kalk, welche sich beim Austrocknen gebildet hat und das Einsaugen des Wasserglases hemmen würde, wegzunehmen und zugleich der Oberfläche die gehörige gleichmässige Rauheit zu geben; unmittelbar hierauf wird der ausgetrocknete Obergrund gleichfalls mit Wasserglas imprägnirt und zwar wird diese Operation wie beim Untergrund vorgenommen, wobei ein zweimaliges Behandeln mit Wasserglas genügt; dieser Obergrund wird dann später durch Abreiben zum Malen vorbereitet und mit Doppel-Wasserglas, dem man etwas Natronkieselfeuchtigkeit zugesetzt hat, überzogen; es ist jedoch rathsam, den Grund recht lange austrocknen zu lassen, denn er erlangt dadurch die

Fähigkeit, recht einsaugend zu wirken, was zum Malen unumgänglich nothwendig ist.

Die Farben zum Malen, ähnlich den Frescofarben, werden nur mit Wasser angemacht und ohne weitere Schwierigkeit auf den Malgrund aufgetragen unter öfterem Anspritzen der Mauer mit reinem Wasser. Ist das Gemälde hergestellt, so wird es fixirt; hierzu verwendet man das Fixirungs-Wasserglas, das man mit $^1/_2$ Theil Wasser verdünnt; zum Fixiren selbst wird eine von Schlotthauer angegebene und von v. Pettenkofer verbesserte Staubspritze verwendet, die das Wasserglas staubartig auf das Gemälde wirft; diese Operation wird unter abwechselndem Anspritzen und Austrocknen so lange fortgesetzt, bis die Farben so fest haften, dass, wenn man darüber mit dem Finger hinfährt, nichts abgeht.

Als stereochromische Farben verwendet man: Zinkweiss, Chromgrün (Chromoxyd), Kobaltgrün (Rinmanns Grün), Chromroth (Basisches Bleichromat), Zinkgelb, Eisenoxyd (hellroth, dunkelroth, violett und braun), Schwefelkadmium, Ultramarin, Ocker (Hellocker, Fleischocker, Goldocker), Terra de Sienna, Umbra u. s. w. Zinnober ist zu verwerfen, weil es im Lichte braun und zuletzt ganz schwarz wird; Kobaltultramarin zeigt sich nach dem Fixiren merklich heller und ist daher in der Stereochromie nicht anzuwenden.

Die Stereochromie ist von Kaulbach in Berlin zu vier grossen Wandgemälden, womit das neue Museum geschmückt wurde, verwendet worden, und hat sich die neue Erfindung hier vollkommen bewährt, sie ist jedenfalls als grosser Fortschritt in der Monumentalmalerei anzuerkennen, und möchte ihr eine grosse Zukunft gesichert sein, durch den bei dieser Malart verwendeten Malgrund widersteht die Stereochromie allen schädlichen Einflüssen, wie dem Rauch, sauren Dämpfen, dem grellsten Wechsel der Temperatur, Regen, Schnee und Hagel, welche alle den Fresken so verderblich werden können; durch das Wasserglas ist nicht nur der Malgrund ein ungemein widerstandsfähiger, sondern erscheinen auch alle Farben gleichsam mit demselben verschmolzen und verkieselt, was bei den Fresken nicht der Fall ist, da man es bei diesen nur mit einem gewöhnlichen Kalkmörtelverputz zu thun hat.

Bei diesen in die Augen springenden Vorzügen der stereochromischen Malerei liegt es nahe, die verkieselnde Wirkung des Wasserglases auch bei Anstrichen sowohl im Aeussern, als wie auch im Innern unserer Wohnhäuser in Anwendung zu bringen.

Man hat in dieser Beziehung zu wiederholten Malen stereochromische Anstriche warm empfohlen[1]), aber es wurde hiervon noch wenig Gebrauch gemacht, sei es, weil man nicht gern vom Althergebrachten ablässt, oder

[1]) Das Wasserglas und seine Verwendung in der Bautechnik von Wagner, Gewerbeblatt für das Grossherzogthum Hessen 1872 No. 18.

weil man bei dahin abzielenden Versuchen dieselben nicht mit der nöthigen Sachkenntniss ausführte, wobei selbstverständlich dann nur ungünstige Resultate erzielt werden konnten. Vielfach war aber auch der Umstand von Einfluss, dass man sich einbildete, die Anstriche mit Wasserglas seien schwierig herzustellen, indem sie eine ganz eigenthümliche Behandlung, oder eines eigens zusammengesetzten Mörtels als Malgrund, oder der nachherigen Anwendung einer Spritze zum Fixiren der Farben bedürfen.

Nachdem im Kaiserhofe der Residenz Münchens stereochromische Anstriche in umfassender Weise hergestellt wurden und dieselben sich vollkommen bewährt haben, möge hier das beobachtete Verfahren mitgetheilt werden.

Der Grund, auf dem gemalt wurde, war gewöhnlicher Kalkmörtel. Die Farben kamen bereits im Wasserglas angerührt zur Verwendung, wurden aber vor dem Auftragen auf die Wand noch mit Wasserglaslösung so verdünnt, dass sie mittelst eines Pinsels sich gut auftragen lassen.

Die mit Wasserglaslösung angeriebenen Farben hatten die Konsistenz, ohngefähr wie die mit Oel angeriebenen Farben für die Oelmalerei im Handel vorkommen; das darin vorhandene Wasserglas ergab nach der Analyse des Dr. Feichtinger[1]) eine Zusammensetzung von

Kieselerde . . .	51,79
Kali	39,05
Natron	9,16.

Ein Wasserglas von dieser Zusammensetzung kann erhalten werden durch Zusammenschmelzen von

4	Gewichtsth.	Quarzsand
4	-	Pottasche
1	-	Soda,

oder auch durch Auflösen von Infusorienerde in natronhaltiger Kalilauge von entsprechendem Gehalte.

Die Wasserglaslösung, welche zum Verdünnen der Wasserglasfarben verwendet wurde, hatte ein spezifisches Gewicht von 1,20, war weislich-trübe und setzte bei ruhigem Stehen einen Bodensatz von kohlensaurem Kalk ab; diese Wasserglaslösung war zusammengesetzt aus:

Kieselsäure . .	66,14
Kali	25,64
Natron	8,22

und kann gewonnen werden aus dem Zusammenschmelzen von

5	Gewichtsth.	Kieselsäure (Quarzsand)
3	-	Pottasche
1	-	Soda;

---

[1]) Ueber Verwendung des Wasserglases in der Bautechnik von Dr. Feichtinger, Bayer. Industrie- und Gewerbeblatt 1873, S. 222.

der Gehalt an kohlensaurem Kalk in der untersuchten Wasserglaslösung scheint darauf hinzudeuten, dass dieselben auf nassem Wege durch Kochen einer natronhaltigen Kalilauge mit Infusorienerde bereitet wurde.

Wenn nun die Zusammensetzung beider Wasserglassorten verglichen wird, so ist hervorzuheben, dass das Wasserglas, womit die Farben bereits angerührt sind, weniger Kieselsäure und mehr Alkali enthält, als dasjenige, welches zum Verdünnen der Farben verwendet wird; hierdurch wird offenbar das den Farben zugesetzte Wasserglas nicht so schnell durch die Kohlensäure der Luft zersetzt, und die Kieselsäure gallertartig abgeschieden.

Ganz kann übrigens auch bei den in Rede stehenden Farben durch das alkalireiche Wasserglas das Ausscheiden von gallertartiger Kieselerde bei längerem Stehenlassen an der Luft nicht verhütet werden, und erscheint es daher nothwendig, die Luft von den mit Wasserglaslösung angemachten Farben soviel wie möglich, besonders wenn man sie aufbewahren will, abzuhalten.

Die Farben, die beim Bemalen des Kaiserhofes Anwendung fanden, waren weiss, hellgelb, rothbraun, dunkelbraun und schwarz und ergaben sich aus dem Vermischen derselben die weiteren verschiedenen Nüancirungen.

Die meisten Farben bestanden aus einem Gemisch von Zinkoxyd und Schwerspath, die gelben, rothen und braunen Farben bestehen aus Eisenoxyd, kohlens. Kalk, kohlens. Magnesia, Thon, Sand und Wasser in verschiedenen quantitativen Verhältnissen gemengt; man hatte es dementsprechend mit kalkhaltigen Ockerfarben zu thun. Die schwarze Farbe bestand aus einem Gemenge von Braunstein und Kienruss.

In bezug auf die praktische Ausführung von stereochromischen Anstrichen sei noch erwähnt: der Verputz muss gut und sorgfältig hergestellt werden, muss fest auf der Mauer haften, recht einsaugend und vor Allem gut ausgetrocknet sein. Der Bewurf darf auch nicht zu frisch, sondern soll längere Zeit der Luft ausgesetzt gewesen sein, weil Aetzkalk das Wasserglas sehr schnell zersetzt; es eignen sich daher zu solchen Anstrichen besonders die älteren Kalkwände. Vor dem Malen ist es aber nothwendig, die zu bemalenden Flächen mit einer Wasserglaslösung zu tränken; immerhin sollte reines, oder mit sehr wenig Natron versetztes Kali-Wasserglas angewendet werden, indem das Natronwasserglas zu starken Auswitterungen Veranlassung giebt.

Stereochromische Anstriche lassen sich übrigens nicht nur auf gewöhnlichen Kalkverputz, sondern auch auf Ziegel- und Sandsteinmauerwerk ohne Verputz ausführen; ein solcher Anstrich schützt übrigens auch in hohem Grade die dadurch bedeckten Flächen gegen Verwitterung.

In England verwendet man zu dem Liverpooler Silikat Paint ein Material, das aus dem Bett eines kleinen Sees in Nord-Walles genommen ist und das vulkanischen Ursprungs sein soll. Es besteht aus einem feinen

Pulver von grosser Feinheit und hat nach vorgenommener Waschung eine völlig weisse Farbe, die glänzend rein erscheint, wenn die Masse noch gebrannt wird. Sie besteht vorherrschend aus Kieselerde, lässt sich ohne Schwierigkeit mit Farbe und Oel mischen und widersteht — wie die Berichte behaupten — den Einwirkungen von Säure und Hitze.

Die Silikate Paint Company in Liverpool liefert dieses Anstrichmaterial fabrikmässig und wird berichtet, dass das Fabrikat bereits eine ganz enorme Verwendung finde, so bei der Admiralität, bei den Schiffsbehörden, beim österr. Lloyd etc. etc.

Aus demselben Rohmaterial stellt die Company auch eine Griffiths Patent Emailfarbe dar, die sich vorzüglich bewährt haben soll, indem sie mit einer festen glänzenden Oberfläche rasch trocknet und mit wirklichem Email die grösste Aehnlichkeit hat. Ausserdem wird von derselben Fabrik geliefert:

1. Kieselsäure-Versteinerungs-Oelfarbe; sie bewährt sich für Anstriche von Maschinentheilen, Dampfkesseln, Gasometern und wird mit Vorliebe verwendet in Waggonfabriken, Eisenbahnwerkstätten, Schiffswerften, Brückenbau-Anstalten und zum Häuseranstrich.

2. Versteinerungsflüssigkeit (Kieselerdelösung); diese ist nach den Berichten der Fabrik nicht identisch mit dem Wasserglas, sondern ein neues Produkt, eine breiartige Masse, die mit lauwarmem Wasser verdünnt sich leicht auf Stein, Ziegel, Cement oder Putz anstrichartig appliziren lässt; ein solcher Anstrich ist vollkommen wasserdicht und widersteht allen Einflüssen der Atmosphärilien. Als Häuseranstrich hat sich solche Kieselerdelösung in dem feuchten und neblichen England zweimal so lange bewährt, als andere Anstriche.

3. Künstliche Steinfarbe wird erzielt, wenn man das pulverförmige Silikat mit dem gelösten mischt; hierdurch lässt sich ein feinkörniger Sandstein täuschend nachahmen; die Masse kann auch zum Kitten von Granit, Marmor etc. Verwendung finden.

4. Griffith's Patens-Emailfarbe ist das Feinste aller bisjetzt existirenden Silikatpräparate; vom Direktor der Silikat-Paint-Company benannt.

5. Patent-Silikat-Siccativ ist ein breiartig hergestellter Kieselerde-Trockenstoff, welcher den gewöhnlichen Oelfarben ohne ihre Haltbarkeit zu gefährden, beigesetzt werden kann[1]).

---

[1]) Aus dem Engineering übergegangen in die Zeitschr. des Arch. und Ing. Vereins in Hannover Jahrgang 1875 S. 288.

Farbstoffe.

(Pigmente, Farbkörper.)

Für die Technik werden aus rein mineralischen Bestandtheilen sehr viele Farbstoffe z. B. Berlinerblau, Chromgelb, schweinfurter Grün etc. dargestellt, fast noch mehr Farbmaterialien aber liefert das Pflanzenreich, während man aus dem Thierreich verhältnissmässig wenig Pigmente benutzt.

Zu diesen meistentheils schon längst bekannten Farbarten, sind in neuester Zeit erst chemische Farbstoffe gekommen, die meistens aus dem Theer dargestellt werden und zwar vorzugsweise aus fünf Bestandtheilen desselben nämlich dem Benzol, dem Toluol, dem Phenol, dem Naphtalin und dem Anthracen; sie sind unter dem Namen der Anilinfarben oder Theerfarben bekannt; zu den chemischen Farben gehören auch die durch Zersetzung der Alkaloide (Chinchonin, Chinin etc.) erhaltenen Farben. Die Entdeckung dieser grossen Reihe von neuen Farben, ein glänzender Erfolg auf dem Gebiete der organischen Chemie scheint die Mission zu haben, alle andern bisher verwendeten Farben aus dem Pflanzen- und Thierreiche zu ersetzen.

Die Zahl der in der Technik benutzten Farbstoffe ist eine ausserordentlich grosse, und wenn schon dadurch die Orientirung auf diesem Gebiete schwierig wird, so steigert sich die Schwierigkeit fast zur Unmöglichkeit gegenüber dem Belieben von Fabrikanten und Kaufleuten, welche neue Farbstoffe, die oft nur durch Mischung oder geringe Nüancirungen längst bekannter gewonnen wurden, mit nichtssagenden oder geradezu irreleitenden Namen belegen. Ein und derselbe Farbstoff führt im Handel oft zwanzig und mehr Namen, und manche Bezeichnungen lassen in dem Farbstoff etwas ganz anderes vermuthen, als wirklich darin enthalten ist.

Je nach der Verwendung der Farbstoffe unterscheidet man Zeugfarben für Gewebe, Haare, Felle, Horn, Elfenbein etc. und Malerfarben; letztere werden nach ihrer Farbe, dann aber auch nach der Beschaffenheit ihres Bindemittels eingetheilt in Wasserfarben, Oelfarben, Wasserglasfarben, Kalkfarben, Glasfarben etc., eine weitere Eintheilung bezieht sich auf ihre Präparation und andere Eigenthümlichkeiten, so unterscheidet man Lasur oder Saftfarben, Lackfarben, Mineral-Erd-Deckfarben, Metall- oder Bronzefarben, Tusch-Aquarell-Pastellfarben Tafelfarben etc.

Lasur oder Saftfarben zeichnen sich durch transparente Eigenschaft aus und werden viel in der Aquarellmalerei verwendet, ihr Bindemittel ist vorherrschend Gummi arabicum, oder auch eine Mischung von $1^1/_2$ Th. arabischen und $^1/_2$ Senegallgummi mit 1 Th. weissen Kandis in warmen Wasser gelöst; übrigens versteht man es jetzt auch die mehr deckenden Erdfarben, durch fleissiges Reiben und Schlämmen, so zu bearbeiten, dass sie die Durchsichtigkeit der Lasurfarben besitzen.

Die Lasurfarben werden häufig schon durch die Einwirkung von Luft und Licht verändert, da sie meist organischen Ursprungs sind, während die Mineral-Erd- oder Deckfarben unverändert bleiben, sie kommen theils als erdartige Körper in der Natur vor, theils werden sie fabrikmässig aus unorganischen Stoffen fabrizirt und sind auch wohl Oxyde verschiedener Metalle mit Säuren oder mit Thonerde. Man nennt sie auch Körperfarben und zeichnen sie sich dadurch aus, dass sie meist dichte und dauerhafte Ueberzüge gestatten, die zugleich zum Schutze der angestrichenen Gegenstände beitragen; sie gestatten fast ausschliesslich alle bekannten Farbe-Bindemittel; Lackfarben sind chemische Verbindungen oder Gemische von Farbstoffen mit basischen Oxyden, besonders mit Thonerde, Zinnoxyd, Bleioxyd etc.; sie werden erhalten, indem man Farbstofflösungen mit den Lösungen der genannten Oxyde versetzt und falls hieraus nicht schon von selbst ein Niederschlag entsteht, diesen durch Ammoniak oder Soda erzeugt.

Die Anilinfarben werden hergestellt aus dem Rohanilin, das zuerst 1826 von Unverdorben unter den Destillationsprodukten des Indigo entdeckt wurde. Am leichtesten erhält man es, indem man den Steinkohlentheer mit starker Salzsäure schüttelt, um das Anilin auszuziehen; die salzsaure Lösung wird dann durch Kalkmilch zersetzt und destillirt. Sehr vervollkommt wurde die Anilinfabrikation durch Prof. W Hoffmann.

Anilin lässt sich übrigens auch aus dem Nitrobenzin mittelst des Schwefelammoniums, essigsauren Eisenoxyduls etc., ebenso aus Phenylsäure (Kreosot) und Ammoniak durch Behandlung des phenylsauren Ammoniaks innerhalb geschlossener Gefässe bei erhöhter Temperatur erzeugen. Auch aus dem Indigo lässt sich Anilin herstellen.

Anilin ist eine wasserhelle leichtbewegliche Flüssigkeit von öliger Beschaffenheit, schwachem nicht unangenehmen weinartigen Geruch und aromatisch brennendem Geschmack; es verdampft bei allen Temperaturen, und seine Dämpfe brennen mit leuchtender russender Farbe, sein specifisches Gewicht beträgt 1,028.

Aus dem Anilinöl stellt man nun die Anilinfarben dar, wie Anilinroth auch unter dem Namen Fuchsin, Solferino, Magenta, Rosanilin, Tyralin vorkommend; Anilinviolet oder Anilinpurpur; Safranin, Anilinblau auch Azurin genannt; Benzylblau[1]) Anilingrün in verschiedenen Varietäten als Aldehydgrün und als Jodgrün Malachitgrün; ferner Solidgrün, Helvetiagrün, Aethylgrün; Anilingelb und Anilinorange; Anilinbraun auch Bismarkbraun oder Havannabraun, Anilinschwarz, Cer-Anilinschwarz.

Alle diese Farbennüancen lassen sich auf verschiedene Weise bilden, mit Zinnchlorid, mit salpetersaurem Quecksilberoxyd, mit Salpetersäure,

---

[1]) Industrieblätter 1879 S. 360.

mit Antimonsäure, mit Arsensäure, mit Mangansuperoxyd etc. Während die Anilinfarben aus leichtem Steinkohlentheeröl (Benzol, Toluol) hergestellt werden, verwendet man das schwere Steinkohlentheeröl, um aus dessen Phenyl- und Kresylsäure Farben zu bereiten, die unter dem Namen Pikrinsäure, Phenylbraun, Grénat soluble oder Granatbraun, Korallin, Aurin und Azulin in den Handel kommen.

Die Pikrinsäure krystallisirt in gelben Blättchen und wird zum Gelbfärben benutzt, dann in Verbindung mit Indigo oder Berlinerblau zum Grünfärben; das Grénat soluble ist in Paris als Ersatzmittel der Orseille eingeführt; das Korallin, in scharlachrothen Nadeln krystallirend, ist ein scharlachrother Farbstoff, während Azulin, Phenylblau auch Rosolblau genannt, eine erhitzte Mischung von Korallin mit Anilinöl ist.

Das Naphtalin des Theeröls verarbeitet man zu Martiusgelb, Magdalaroth, Naphtalinviolett und Naphtalinblau.

Das Anthracen endlich wird in grossartigem Massstabe zu Anthracenroth oder künstlichem Alizarin verarbeitet und bereitete dem früher so vielfach verwendeten Krapp eine tödliche Konkurrenz.

Endlich ist hier noch zu erwähnen, der aus Alkaloiden, namentlich aus dem bei der Chininfabrikation in grosser Menge abfallenden Chinchonin hergestellte Farbstoff, der ein prächtiges Blau gebend Cyanin oder Lipidinblau genannt wird.

Zu den neusten Farben gehören die Phenol- und Kresolfarben[1]), die Resorcinfarben[2]).

Als wichtigste Farbstoffe sind für die Bautechnik hervorzuheben:

a. Weisse Farben:

1. Das Bleiweiss ist eine Verbindung des kohlensauren Bleioxyds mit Bleioxydhydrat oder basisches Bleioxyd, welches man auf künstlichem Wege, mittelst verschiedener Methoden erhält[3]). Es ist eine wichtige, beinahe nur allein in Anwendung kommende weisse Malerfarbe, die ohne an ihrer Intensität zu verlieren, sich mit Oel sehr gut mischen lässt, sich unter dem Pinsel leicht vertheilt und auf Holz, Stein und Metall und dergl. einen ungemein stark deckenden gleichmässigen Ueberzug bildet. Es giebt verschiedene Sorten von dieser Farbe; Kremserweiss ist reines unvermischtes Bleiweiss und muss sich ohne allen Rückstand in verdünnter Salpetersäure lösen. Venetianisches Weiss besteht aus gleichen

[1]) Berichte der deutschen chem. Gesellschaft 1877 S. 57, 1879 S. 1140, 1736.

[2]) Wiener Anz. 1879 S. 76.

[3]) Nach Andern ist Bleiweiss eine Mischung von neutralem Karbonat mit Bleioxydhydrat, und hängt der Werth der Farbe von ihrem Mischungs-Verhältniss ab; das Bleioxydhydrat bildet den Farbstoff, das Karbonat aber muss zugegen sein um der Farbe die Deckkraft zu verleihen. (Scientific American Supplement 1877 S. 1187.)

Theilen Bleiweiss und Schwerspath; hamburger Weiss aus $^1/_3$ Bleiweiss und $^2/_3$ Schwerspath und holländisches Bleiweiss enthält 75 pCt. Schwerspath.

Manche Fabriken vermischen ihr Bleiweiss, wenn es einen gelben Ton annimmt mit einer geringen Menge Berlinerblau, Indigo oder Kienruss, wodurch die gelbe Farbe gemildert wird. Die mit Gummi-Leimwasser zu Täfelchen geformten Sorten Bleiweiss heissen im Handel Leimweiss, die mit Mohnöl, Leinöl, Terpentinöl mittelst besonderer Maschinen abgeriebenen Oelweiss.

Bleiweissanstriche werden durch die Einwirkung von Schwefelwasserstoff in folge der Bildung von Schwefelblei geschwärzt, häufig werden sie gelb durch das Vergelben des beigesetzten Oeles, um dies zu verhindern setzt man beim Anstreichen der Bleiweissfarbe viel Terpentinöl zu, sowie auch wohl eine Auflösung von Dammaharz in Terpentinöl, oder eine von Sandarak in Weingeist (16 Th. Sandarak, 4 Th. venetianischen Terpentin, 48 Th. Weingeist von 90—93° Tralles); solche Anstriche bleiben blendend weiss, besonders wenn dieselben zuletzt einen Ueberzug von Lack ohne Bleiweiss erhalten.

In neuester Zeit ist dem Bleiweiss eine bedeutende Konkurrenz im Zinkweiss und im künstlichen Schwerspath, künstlichen schwefelsauren Baryt oder Permanentweiss entstanden.

2. Zinkweiss (Zinkoxyd) ist ein weisses Farbmaterial, das seines Deckvermögens wegen hauptsächlich als Anstrichfarbe benutzt wird.

Das metallische tafelförmige Zink wird in Gasretorten oxydirt; die so entstehenden Zinkdämpfe entweichen durch ein Mundloch und verbrennen alsbald durch einen bis auf etwa 300° erwärmten Luftstrom, welcher gerade unterhalb des Mundloches ausmündet. Das entstandene äusserst lockere Pulver wird durch den Luftstrom in Kammern geführt, in welchen es sich nach und nach absetzt. Das in der ersten Kammer enthaltene Zinkoxyd ist unrein, grau gefärbt und kommt als Zinkgrau in den Handel.

In neuerer Zeit wird das Zinkweiss (Lithophon oder Zinkolithweiss) durch Fällen von schwefelsaurem Zink oder Chlorzink mit Schwefelnatrium, Schwefelkalcium und Schwefelbarium gewonnen; das erhaltene Schwefelzink wird dann unter Luftzutritt auf Kirschrothglut erhitzt. Der schöne weisse Farbstoff mit Firniss verrieben übertrifft an Schönheit und Deckkraft das Bleiweiss[1]).

Zinkweiss besitzt zwar eine etwas geringere Deckkraft als Bleiweiss, ist jedoch im allgemeinen ausgiebiger als letzteres, so dass es wohlfeiler erscheint; dieser Vortheil wird aber wieder theilweise kompensirt, da der Zinkweissanstrich mehr Arbeit und mehr Firniss erfordert als der Bleiweiss-

---

[1]) Dingler's Polyt. Journal 1878 Band 230, S. 270; dann der Maschinenbauer 1879 S. 207.

anstrich. Für Lackirardeiten ist Zinkweiss dem Bleiweiss unbedingt vorzuziehen.

Die Vortheile des Zinkweissanstriches werden aber besonders darin gefunden, dass das Zinkweiss durch Schwefelwasserstoff nicht schwarz gefärbt wird und auf die Gesundheit des Menschen nicht so nachtheilig wirkt wie Bleiweiss. Das allenfällsige Gelbwerden des Oelanstriches rührt stets vom Oele her, und daher dunkelt ein Zinkweissanstrich mehr als ein Bleiweissanstrich, weil er mehr Oel enthält.

3. Barytweiss (Mineralweiss, Neuweiss, künstlicher chwefelsaurer Baryt, Permanentweiss) ist ein neuer Farbstoff, der aber von Jahr zu Jahr in grösserer Menge in den Handel kommt; er wird entweder aus Schwerspath oder aus Witherit bereitet, die man vorher in Chlorbarium überführt, worauf man dieses Salz durch Versetzen mit Schwefelsäure oder schwefelsaurem Natron (Glaubersalz) zersetzt; der gewonnene ausgewaschene Niederschlag darf nicht getrocknet werden, weil er durch das Trocknen an Feinheit und Deckkraft verliert und sich nur schwierig wieder mit Wasser vermischen lässt. Er kommt deshalb in Teigform in den Handel.

Als Wasserfarbe ist das Permanentweiss dem Bleiweiss und Zinkweiss vorzuziehen, es zeichnet sich durch blendende Weisse aus und bleibt unverändert durch die Einwirkungen von Luft, Licht, Wärme und Schwefelwasserstoff; in mehrereren Schichten übereinander aufgetragen erhält es eine Deckkraft, welche der des besten Bleiweisses sehr nahe kommt. Als Oelfarbe kann es nicht benutzt werden.

Die blendend weissen Satintapeten sind meistens mit Barytweiss hergestellt und erhalten durch blosses Bürsten, ohne weitere Zuthat, jenen ausserordentlich lebhaften Glanz.

Ferner verwendet man diesen Farbstoff zu anderen Farbenmischungen, da er seiner Unzersetzbarkeit und seines reinen Tons wegen, keinen Farbton stört; so bildet man z. B. mit Barytweiss und Berlinerblau ein schönes Hellblau, mit rothem Lack ein schönes Hellrosa.

Das Barytweiss giebt vorzügliche Anstriche; man erhält eine brillante Glanzfläche von schneeweisser Farbe, welche haltbar und ebenso schön wie Lankanstrich auf Holz ist, wenn man auf eine glatte Kalk- oder Gypswand einigemale dünnes Leimwasser mit Barytweiss aufträgt und den getrockneten Anstrich mit einer dichten Bürste oder einem leinenen Ballen abreibt.

4. Kreide wird, geschlämmt unter verschiedenen Namen und in verschiedener Güte, als Farbstoff verwendet; die feinste Sorte das Spanisch-Weiss (Marmor-Weiss, Wiener-Weiss) wird als Malerfarbe gebraucht. Die Kreide bildet die Basis der Leimfarben und dient hauptsächlich der Zimmermalerei und dem Tapetendruck.

5. Kalkweiss: der gewöhnliche Weisskalk giebt, wenn er von reinen

Kalksteinen herrührt, einen ebenso haltbaren als klaren Anstrich und bedarf, mag man ihn mit oder ohne Farbenzusatz verwenden, keines weiteren Bindemittels. Ist aber der Kalk mergelig, mischt man ihn mit etwas Milch oder abgeriebener Käsemasse.

6. Weisser Thon gewährt auf frisch getünchten Wänden eine sehr sichere Grundirung für anderweitig farbige Anstriche; er dient auch zum Entfetten schmutziger Stellen und wird zu diesem Zweck vielfach von den Zimmermalern benutzt.

b. Gelbe Farben.

Das Pflanzenreich ist ergiebig an gelben Farbstoffen, die vorzüglichsten sind:

1. Der Berberitzenstrauch; er enthält in seinem Holze und seiner Rinde, besonders aber in den Wurzeln einen Farbstoff, der vielfach zum Färben von Wolle, Leinen oder Leder verwendet wird.

2. Kurkuma (Zitwer) Gelbwurz oder gelber Ingwer genannt, von Curcuma longa und C. rotunda, einer in Ostindien und Java häufig angebauten Pflanze, liefert hauptsächlich ein schönes Gelb aus ihren farbstoffreichen Wurzelknollen, sie bildet einen nicht unbedeutenden Handelsartikel, weil sie in technischer Hinsicht häufig und in verschiedener Weise als Farbmaterial gebraucht wird; in der Chemie braucht man Kurkumépapier zum Reagens auf Alkalien.

3. Gelbbeeren, Avignonkörner, persische Beeren, Kreuzbeeren sind die Früchte von Rhamnus infectorius, Rh. amygdalinus, Rh. saxatilis und werden aus der Levante oder dem südlichen Frankreich und Ungarn eingeführt; die unreifen Beeren enthalten Farbstoffe, die wenn sie abgenommen und sorgfältig getrocknet werden mit der Zeit an Ergiebigkeit zunehmen, und eine sehr lebendige Farbe liefern; man färbt entweder mit den alten Beeren selbst, oder man gewinnt einen Extrakt daraus, der in den Färbereien sofort benutzt werden kann. Häufiger kommt im Handel der Gelbbeerenlack (Orangelack) vor, der aus einer Abkochung von Gelbbeeren durch Zusatz von Zinnsolution gewonnen wird[1]).

4. Gelbholz, gelbes Brasilienholz, Cubaholz, alter Fustik ist das Holz des Färbermaulbeerbaumes (Morus tinctoria oder Maclura aurantiaca); es wird vorzüglich von Cuba, Domingo, Haiti eingeführt und kommt zu feinen Spänen zertheilt in den Handel; es wird aus ihm wohl ein Gelbholzextrakt hergestellt, welcher dickflüssig oder fest in den Handel kommt; reiner als dieser Extrakt ist der Gelbholzlack auch Cubalack genannt und wird wie alle Lacke hergestellt, indem man die

---

[1]) Die neueren Forschungen über die Farbstoffe und den Glycosidzucker der Gelbbeeren von Liebermann und O. Hörmann siehe Chemic. News 1879 N. 1036 S. 43.

wässerige Abkochung des Gelbholzes filtrirt, mit Alaun fällt und den Niederschlag von der Flüssigkeit trennt. Das ungarische Gelbholz, Fisetholz, Fustikholz ist ein grünlichgelbes, braungestreiftes Holz, das von dem Gerber- oder Perückenbaum (Rhus cotinus) einem im südöstlichen Europa wachsenden strauchartigen Gewächse stammt; es enthält einen eigenthümllichen Farbstoff das Maklurin (Moringerbsäure) genannt.

5. Ginster, gelbe Scharte, Färberscharte (Genista tinctoria), von ihm werden hauptsächlich die beblätterten und blühenden Zweigspitzen zum Gelbfärben verwendet.

6. Gummigutt besteht aus einem Harze, und unterscheidet man Gummigutt von Siam, Ceylon, Mysore und Borneo. Zur Gewinnung biegt man in Siam die jungen Zweige von Garcinia elliptica, oder G. Masoniana herab, und schneidet diese und die Blätter quer durch. Der auströpfelnde gelbe Milchsaft wird gesammelt und kommt dann entweder als Röhrengutt, oder als Kuchen- oder Schollengutt in den Handel. In Ceylon gewinnt man Gummigutt von Garcinia cambogioides, die ganze Wälder bildet, durch Einschneiden der Bäume und Ablösen der Rinde in handgrossen Stücken, die oft durch Rindenstücken verunreinigt sind. In Mysore benutzt man Garcinia pictora zur Herstellung einer zwar lebhaften aber wenig haltbaren Farbe; das Gummigutt von Borneo wird durch malayische Küstenfahrer nach Singapore gebracht und hier von den Chinesen aufgekauft, gereinigt und in den europäischen Handel gebracht; man benutzt das Gummigutt als Malerfarbe, jedoch nicht als Oelfarbe, wo es nicht brauchbar ist. Gummiguttlack wird dargestellt, indem man 500 gr. Gutti in Wasser erweicht, zerreibt und durch ein Tuch gegossen, mit 1,5 Kilogr. Alaun und 8 Kilogr. heissem Wasser mischt, zum Sieden erhitzt, vom Feuer entfernt und mit 500 Kilogr. Salpetersäure vermischt, endlich mit Pottasche völlig ausfällt.

7. Quercitron, die von ihrer Oberhaut befreite Rinde der Färbereiche (Quercus tinctoria) in Georgien, Südkarolina etc., benutzt man in der Färberei zum Gelb, Braun oder Grün färben und zieht es dem Gelbholz und dem Wau vor. Der wässerige Auszug wird durch Alkalien dunkler, durch Kalkwasser gelbroth, durch Zinnchlorür und Alaun gelb, durch Thonerde und Bleizucker röthlich gelb, durch Eisensalze olivengrün gefällt. Quercitron-Extrakt kommt in fester und flüssiger Form in den Handel; als citrongelbes Pulver trägt es oft den Namen Flavin[1]).

8. Safran giebt in seinen Blüthen einen schönen gelben Farbstoff und enthält 40—50 pCt. Crocin oder Safrangelb; ein wässeriger und weingeistiger Auszug wird zum Roth- und Gelbfärben und nach Zusatz von Säuren zum Blau-, Lila- und Grünfärben der Seide benutzt.

---

[1]) C. Liebermann und S. Hamburger über die Konstitution der Quercitrins und der Quercetins s. Berichte der deutschen chem. Gesellschaft 1879 S. 1178.

9. Safflor, besteht aus den getrockneten Blumenblättern der Safflorpflanze, Färberdistel (Carthamus tinctorius), die in Ostindien, Aegypten und in den südlichen Ländern Europas, zum theil auch in Deutschland angebaut wird; falscher Safran enthält 2 Farbstoffe, im Wasser lösliches Safflorgelb und nur in Weingeist und Alkalien lösliches Safflorroth (Karthamin), das vollständig gereinigte führt den Namen Safflor-Carmin, das Karthamin wird mit gepulvertem Talk gemengt und giebt dann rothe Schminke.

10. Sumach, Essigbaum; man braucht seine Blätter und Zweige zum Gerben von Saffianleder; seine Rinde färbt gelb, seine Früchte röthlich, seine Blätter schwarz.

11. Wau (Reseda) Färberwau, Gelbkraut (Reseda luteola); in seinem Kraute ist ein gelber Farbstoff das Luteolin enthalten, wodurch diese Pflanze in der Färberei wichtig geworden ist; der Wau giebt zwar ein dauerhaftes schönes Gelb, ist aber durch das Gelbholz und Quercitron verdrängt worden; es giebt auch einen Waulack. Eine Abkochung von Wau wird warm mit so viel Kupfervitriollösung versetzt, bis die Flüssigkeit dunkelgrün geworden ist und dann mit Kalilauge gefällt; andere Nüancen erhält man durch Zusatz von Alaun neben dem Kupfer und durch Fällen mit Pottasche, dieser Lack aber hat eine grüne Farbe.

12. Schüttgelb (gelber Karmin) hat helle oder goldgelbe Farbe und besteht aus einem Farblack mit viel überschüssiger Kreide oder thonhaltiger Erde. Man bereitet diese Farbe, indem man eine Abkochung von Gelbbeeren, Gelbholz, Quercitron, Kurkuma, Wau auch wohl Birken- und Rosskastanienblätter auf Kreide giesst und diese nach einiger Zeit wäscht und trocknet. Z. B. 1 Th. zerstossene Gelbbeeren, 4—6 Th. Wasser und $^1/_5$ Alaun, filtrirt die Brühe, giesst sie auf $^1/_2$ — $^3/_4$ Th. Kreidepulver und verfährt wie angegeben.

13. Der Orlean ist ein gelblichrother Farbstoff, der in Form eines steifen Teiges in den Handel kommt und wird in Amerika, West- und Ostindien aus der Frucht der Bixa Orelluna dargestellt.

Aus dem Mineralreiche entnimmt man an gelben Farben:

14. Antimongelb, Neapelgelb ist antimonsaures Bleioxydul.

15. Auripigment (Operment, Rauschgelb) besteht aus 60,95 Arsen und 39,05 Schwefel, findet sich krystallinisch, häufiger aber in nierenförmigen, kugeligen oder tropfsteinartigen, wenig durchscheinenden Massen von citron- und pomeranzengelber Farbe, schwachem Fettglanz, blättrigem Bruche; es wird jedoch auch künstlich dargestellt und zwar auf trockenem Wege, indem man 7 Th. Arsenikmehl mit 1 Th. Schwefel erhitzt, wobei schweflige Säure entweicht, oder man schmilzt rothes Schwefelarsen mit Schwefel; auf nassem Wege stellt man Auripigment mittelst der Fällung einer angesäuerten Lösung von arseniger Säure her oder

einem arseniksauren Salze mit Schwefelwasserstoff oder durch Zersetzung der von Arsensulfid mit Schwefelalkalien gebildeten löslichen Doppelsalze mittelst verdünnter Schwefelsäure.

Technische Verwendung findet das Auripigment auch unter dem Namen Königsgelb oder Neugelb in der Oelmalerei, als Farbestoff zu Lacken und auch im Tapetendruck. Seines Schwefelgehaltes wegen verändert es andere Metallfarben, womit es vermischt wird, wie es z. B. Bleiweiss schwärzt; mit künstlichem schwefelsauren Baryt dem sogenannten Permanentweiss vermischt, giebt es hellere Nüancen.

16. Barytgelb ist chlorsaurer Baryt.

17. Bleigelb (gelbes Bleioxyd, Massikot mit röthlichem Farbton, Sandix oder Goldglätte genannt) wird erhalten durch fortgesetztes Erhitzen von Bleiasche, durch Glühen von Bleiweiss oder salpetersaurem Bleioxyd; es wird vielfach durch Mineralgelb und Chromgelb verdrängt.

18. Unter den Bronzefarben, die aus fein gepulverten Metallen oder Legirungen von solchen hergestellt sind und zum Ueberziehen (Bronziren) von Gyps, Holz und Metallgusswaaren verwendet werden, befinden sich 4 gelbe Nüancen und zwar Blassgelb, Hochgelb, Rothgelb und Orange. Sie bestehen der Hauptsache nach aus Kupfer und Zink und zwar in der Weise, dass Blassgelb am zinkreichsten und Orange am wenigsten Zinkzusatz besitzt. Weitere Nüancen bestehen in Kupferroth, Violett und Grün.

Die am häufigsten verwendeten Legirungen zur Herstellung der Bronzefarben in den verschiedensten Nüancen bestehen aus:

	Kupfer.	Zink.	Eisen.
für Reichsgelb . . .	82,33	16,00	0,16
- Lichtgrün	84,32	15,02	0,63
- Citron	84,50	15,30	0,07
- Rothkupfer . . .	99,90	—	—
- Orange	98,93	0,73	—
- Bleichgelb . . .	90,00	9,60	—
- Carmoisin . . .	98,22	0,50	0,30
englische Komposition .	96,46	2,39	0,56.

Ist die Legirung in Pulverform gebracht, so lässt die erhaltene Farbe eine Modifikation dadurch zu, dass man sie durch Erhitzen „anlaufen" lässt[1]).

19. Kadmiumgelb (Brillantgelb) ist Schwefelkadmium, eine der prachtvollsten gelben Malerfarben, gut deckend, unveränderlich und als Wasser-, Oel- und Kalkfarbe brauchbar; es kann mit Kremserweiss, Ocker, Zinnober, Krapplack und Kobaltblau nicht aber mit Kupferfarben

[1]) Der Maschinenbauer 1877.

vermischt werden; mit blauen Farben gemischt giebt es ein sehr schönes Grün.

20. Chromgelb ist neutrales chromsaures Bleioxyd; es übertrifft an Schönheit und Deckkraft alle anderen gelben Farbstoffe und hat deshalb diese auch fast gänzlich verdrängt, es widersteht der Luft und dem Licht, auch verdünnten Säuren, aber nicht alkalischen Laugen und Seifen; ebensowenig kann es mit Wasserglas vermischt werden, auch wird es durch Schwefelwasserstoff langsam gebräunt; eine Mischung von chromsaurem und schwefelsaurem Bleioxyd zu gleichen Aequivalenten giebt eine hellcitronengelbe Farbe, die unter dem Namen Kölnergelb in den Handel kommt.

Bei 2 Aequivalenten schwefelsaurem Bleioxyd und 1 Aequivalent chromsaurem Bleioxyd ist das erhaltene Präparat sehr feurig und eignet sich zur Herstellung schöner grüner Mischfarben; mit Berlinerblau und Schwerspath erhält man Chromgrün oder grünen Zinnober; Chromorange wird als Farbmaterial dargestellt durch Vermischen von Chromgelb und Chromroth.

Von den Chromfarben kann überhaupt durch Mischung, wie durch Abänderung der Verhältnisse jeder beliebige Ton vom hellsten Gelb bis zum feurigsten Roth dargestellt werden und dementsprechend kommt Chromgelb unter den verschiedensten Namen im Handel vor: Neugelb, Königsgelb, Citronengelb, Gothaer-, Kölner-, Leipziger-, Pariser-, Zwickauergelb; nach den Tönen unterscheidet man: licht, goldfarbig, orange, und nach dem Grade der Reinheit der Farben: superfein, fein, mittel und ordinär.

21. Gelberde nennt man ein ockergelbes Mineral in die Ordnung der Thonerden gehörig, feinmehlig, zerreiblich, von 2,2 spez. Gewicht, fühlt sich mager an, klebt an der Zunge und zerfällt im Wasser zu Pulver und röthet sich im Feuer; es ist eine sehr beliebte und verbreitete Farbe. Man verfeinert sie durch Mahlen und Schlämmen und bezeichnet das Präparat als gelbe Erde, gelber Thon, gelbe Hausfarbe, Berggelb, Stritzelgelb etc. Besonders bekannt ist die Gelberde von Amberg (Ambergergelb).

22. Jodblei, ein citronengelbes Pulver, ist der im Wasser unlösliche Niederschlag der Jodkaliumlösung in auflöslichen Bleiverbindungen erzeugt und wird als Farbstoff benutzt.

23. Kasseler Gelb besteht aus Bleioxydchlorid und wird erhalten, wenn man Mennige oder Bleiglätte mit 1 Th. Salmiak mischt und dann gelinde und später bis zum Rothglühen erhitzt, bis keine weissen Dämpfe mehr entweichen. Nach dem Erkalten zerreibt man die krystallinische Masse; Kasseler-Gelb ist ziemlich haltbar, goldgelb und kann in Oel und in Wasser benutzt werden.

Eine andere ähnliche Verbindung ist Turner's Gelb. Die Namen

für diese gelben Farben sind ungemein unsicher und variiren zwischen Mineralgelb, Englischgelb, Veronesergelb, Montpelliergelb, Patentgelb, Chemischgelb.

24. Ocker ist natürlich vorkommendes Eisenoxydhydrat, gemengt mit mehr oder weniger Thon und deshalb von hellerer oder dunklerer gelbbräunlicher Farbe.

Man benutzt den Ocker als dauerhaften Farbstoff, indem man ihn, wie er gefunden, trocknen lässt, mahlt und siebt oder vorher durch Abschlämmen von beigemengtem Sande reinigt. Durch vorsichtiges Erhitzen wird seine Farbe etwas feuriger. Je nach der Nüance, welche er zeigt, kommt er im Handel unter verschiedenen Namen vor, und man unterscheidet: kasseler Goldgelb, chineser Gelb, Gelbocker, Lichtocker, Goldocker, Satinocker, Dunkelocker. Guter Ocker muss sich fett anfühlen, beim Zerreiben nicht knirschen und beim Befeuchten nicht viel dunkler werden. Erhitzt man den Ocker stark, so verliert er sein Wasser und es bleibt rothes Eisenoxyd zurück.

Künstlichen Ocker erhält man durch Vermischen von Kalkmilch mit Eisenvitriol oder durch Fällen gemischter Lösungen von Alaun oder Zinkvitriol und Eisenvitriol mit Soda.

Alle diese Niederschläge werden gut ausgewaschen und bleiben dann an der Luft liegen bis sie gelb geworden sind; die Präparate kommen zum theil geglüht, je nach ihren Nüancen als Marsgelb, Marsorange, Marsbraun in den Handel.

25. Muschelgold (Malergold, echte Goldbronze) ist ein sehr fein zertheiltes Gold; es dient zum Malen, Schreiben, Illuminiren und zum Vergolden. Man bereitet es aus Blattgold oder aus einer Goldlösung, indem man diese mit Chlorantimon oder salpetersaurem Quecksilberoxydul fällt; der Niederschlag wird mit Gummi angerieben.

26. Musivgold (unechtes Muschelgold, mosaisches Gold) aurum musivum s. mosaicum) ist Zinnsulfid in krystallinischen goldglänzenden Blättchen und bildet sich nicht beim Zusammenschmelzen von Schwefel mit Zinn, weil bei der Vereinigung beider Körper eine zu grosse Hitze entsteht. Man muss, um diese herabzudrücken, einen Körper zugegen sein lassen, welcher verdampft und somit viel Wärme bindet; so erhitzt man ein Amalgam von 7 Th. Zinn und 6 Th. Quecksilber mit 7 Th. Schwefel und 6 Th. Salmiak in einem Sublimirgefäss mehrere Stunden lang. Das Musivgold bleibt in bräunlich gelben metallglänzenden Schuppen zurück, die sich zwischen den Fingern wie Talk anfühlen. Auf nassem Wege löst man 4 Th. Zinnasche in einer Mischung von 20 Th. Wasser und 2 Th. Salzsäure, erhitzt zum Kochen und leitet während des Erkaltens schweflige Säure in die Lösung. Der Niederschlag ist Zinnsulfid, welches als dauerhafte gelbe Farbe Neapelgelb ersetzen kann. Sublimirt man es in einem Glaskolben, so erhält man ein viel schöneres Musivgold als nach

irgend einer anderen Methode. Man benutzt es zu falschen Vergoldungen und Anstrichen.

c. Blaue Farben.

Aus dem Pflanzenreiche.

1. Waid, Färberwaid, ist ein Farbmaterial, welches aus den Blättern der Waidpflanze (Isatis tinctoria) besteht; die Blätter dieser Pflanze werden am besten gut abgewelkt, auf luftigem Bodenraum vollständig getrocknet und in dieser Form verkauft. Gewöhnlich aber mahlt man die Blätter mit Wasser zu einem dicken Brei und schüttet diesen auf Haufen von nahezu Meter-Höhe. Nach 14 Tagen formt man Kugeln von 6 bis 9 cm. Durchmesser aus der Masse und bringt dieselben getrocknet in den Handel.

Man unterscheidet französischen und thüringischen Waid, die beste Sorte aus Alby und Toulouse heisst Pastel. Waid liefert eine schöne blaue Farbe und war das Material, mit welchem bis ins Mittelalter in Deutschland, Frankreich und England fast ausschliesslich blau gefärbt wurde. Erfurt war schon 1290 wegen seines Waidbaues berühmt, später erwarben Arnstadt, Langensalza und Tennstädt das Privilegium Waid zu bauen, und im Anfange des 17. Jahrhunderts beschäftigten sich damit ausser den Bewohnern dieser 5 Waidstädte noch die von mehr als 300 thüringischen Dörfern. Der Verfall des Waidbaues datirt von der Mitte des 17. Jahrhunderts, wo der Indigo bekannt wurde und sich trotz aller Verbote schnell verbreitete, denn Indigo liefert schöneres Blau. Zur Darstellung von Indigo eignet sich die Waidpflanze nicht, da sie nur $^1/_{30}$ so viel Indigo als die Indigopflanze liefert. Für viele Färber ist der Waid noch unentbehrlich, weil er mit Indigo ein schöneres Blau liefert, als letzterer allein. Mit dem Alter gewinnt der Waid an Güte, nach 6—8 jährigem Aufbewahren soll sich sein Farbvermögen mehr als verdoppeln.

2. Lackmus (Lacca musica) ist eine Farbwaare, die aus der Angolaflechte (Roccella tinctoria) gewonnen und hauptsächlich in Holland dargestellt wird; das Verfahren selbst ist unbekannt, man weiss aber, dass die gemahlenen Flechten unter Zusatz von Alaun, Kalk und Pottasche mit Urin etwa 4 Wochen der Gährung überlassen werden.

Im Handel findet sich Lackmus in kleinen quadratischen, leicht zerreiblichen, matten, dunkelblauen, im Bruche erdigen Kuchen oder Tafeln, die Kreide, Sand und Flechtenüberreste enthalten, beim Erhitzen Ammoniak ausgeben und endlich viel Kohle hinterlassen. Wasser zieht aus dem Lackmus einen blauen Farbstoff aus, welcher durch die geringsten Spuren von

Säuren roth wird. Der rothe Farbstoff geht durch Alkalien ebenso leicht wieder in einen blauen über.

Wird der wässerige Auszug von Lackmus in verschlossenen Flaschen aufbewahrt, entfärbt er sich, während er sich in offenen Gefässen lange unzersetzt erhält.

Man benutzt Lackmus als Reagenz und bestimmt damit die saure, neutrale oder alkalische Reaktion eines Körpers; dies geschieht besonders bei Massanalysen durch Lackmustinktur, sonst aber durch Lackmus papier.

Weitere Anwendungen von Lackmus (bei Käse, Konfitüren, Wein) stehen vereinzelt da.

3. Indigo (Indicum) einer der wichtigsten Farbstoffe, der bereits im Alterthum allgemein bekannt und hoch geschätzt war; Plinius erwähnt den aus Indien kommenden blauen Farbstoff, der nach dem Purpur in höchstem Ansehen stehe. In Europa wurde er von den Italienern, die ihn aus Indien bezogen, zuerst zum Färben verwendet und im Anfange des 17. Jahrhunderts war die Blaufärberei mit Indigo allgemein.

Mehrmals wurde der Gebrauch des Indigo durch gesetzliche Bestimmungen verboten, und die Nürnberger liessen jeden Färber jährlich einen feierlichen Eid leisten, dass er keinen Indigo gebrauche und bedrohten ihn im Uebertretungsfalle mit dem Tode; die völlige Freigebung des Indigo erfolgte erst um das Jahr 1737.

Man gewinnt den Indigo besonders aus Indijofera tinctoria, I. Anil, I. argentea und I. disperma. Das Hauptproduktionsland ist Ostindien.

Vor der Entwickelung der Blüthen werden die Pflanzen, 3 cm. über dem Boden entfernt abgeschnitten, und wiederholt man dies alle sechs Wochen, bis die Pflanze 2—3 Jahre alt wird. In den Indigofaktoreien sind 2 Cisternen vorhanden, die terrassenförmig übereinander angebracht sind; in die obere werden die frischen Pflanzen gebracht und mit Wasser übergossen. Es tritt hier bald Gährung ein, die im entscheidenden Moment unterbrochen werden muss, um gute Resultate zu gewinnen; es wird dabei die Flüssigkeit in die untere Cisterne abgelassen, die obere entleert und frisch gefüllt.

In der unteren Cisterne wird der gegohrene Saft tüchtig durchgearbeitet, bis der Indigo sich ausscheidet und die Flüssigkeit klar und goldgelb bis gelbbraun geworden ist; dann überlässt man die Flüssigkeit der Ruhe, damit der Indigo sich vollständig absetzen kann, was bald durch Kalilauge, bald durch Kalkwasser oder Oel zu befördern ist. Schliesslich wird die klare Flüssigkeit abgelassen; der schlammige Bodensatz wird dann in einen Kessel gebracht und entweder gekocht oder nur digerirt, um dann auf ein wollenes Tuch und wenn er genügende Konsistenz erlangt hat, unter die Presse gebracht zu werden.

Der entwässerte Indigo wird in kleine Stücke zerschnitten und im

Schatten getrocknet. Durch das Kochen soll der Indigo von allen gelben Extraktivstoffen befreit werden und bedeutend an Farbe und Volumen gewinnen; andere Fabrikanten ziehen das Digeriren vor und glauben dadurch dunklere Töne zu erzielen.

So einfach die Darstellung des Indigos erscheint, so ist doch der gute Erfolg von sehr vielen Einzelheiten abhängig, so dass die sichere Erzielung einer bestimmten Qualität stets mit Unsicherheit verknüpft ist; denn man weiss eben immer noch nicht mit Bestimmtheit, welchen Prozessen der Indigo seine Entstehung verdankt; trotz der vielen Untersuchungen besteht hierüber noch gar keine Klarheit.

Der Indigo besitzt eine tief dunkelblaue, purpurviolette Farbe; er ist zerreiblich, matt, erdig, locker und trocken; an der Zunge wie Thon klebend, leichter als Wasser, hygroskopisch, geruch- und geschmacklos, völlig indifferent, in Wasser, Alkohol, Aether, fetten und flüssigen Oelen, in verdünnten Säuren und Alkalien unlöslich, in rauchender oder konzentrirter englischer Schwefelsäure zu einer intensiv dunkelblauen Flüssigkeit löslich. Salpetersäure, Chlor und konzentrirte Kalilauge zerstören den Indigo. Erhitzt man ihn, so verbreitet er, ohne zu schmelzen, einen widerwärtigen Geruch und stösst prächtig purpurrothe Dämpfe aus, die sich zu einem krystallinischen Sublimat verdichten. Beim Verbrennen bleiben 7—8 pCt. weissgraue Asche.

Auf chemischem Wege wird Indigoextrakt und präparirter Indigo hergestellt und kommt in den Handel; diese sind chemisch reines Indigitin.

Durch anderweitige chemische Operationen lässt sich der blaue Indigo umgestalten zu Indigbraun und Indigroth; letzteres krystallisirt in langen Nadeln, die in durchfallendem Licht roth erscheinen, in kaltem Alkohol sich nicht vollständig, in Alkalien gar nicht, dagegen in heissem Alkohol und konzentrirter Schwefelsäure mit Purpurfarbe lösen. Indigkarmin ist indigblau-schwefelsaures Kali, kommt im Handel theils als Brei, theils als Paste, theils als schwärzlich braunes, etwas kupferglänzendes Pulver vor, und wird wohl auch Chemischblau oder Wunderblau genannt. Zur Bereitung mischt man unter Vermeidung von Wärmeentwickelung 2,5 Kilogr. farblose konzentrirte Schwefelsäure mit 0,5 Kilogr. geriebenen Indigo, und erwärmt die Masse auf 45—50° C. bis sie zusammenhängend wird; giesst sie in ein Fass mit Abzapfhahn und mischt eine Lösung von 1,5 Kilogr. krystallisirter Soda und 15 Kilogr. Regenwasser hinzu. Unter häufigem Umrühren lässt man sie stehen, bis sich die Flüssigkeit geklärt hat, filtrirt dann den geschiedenen Indigkarmin, welcher in Salzsäure unlöslich ist, durch einen Spitzbeutel ab, wäscht ihn in lauwarmen Wasser und bringt ihn in den Handel. Indigolack erhält man, wenn man die verdünnte Lösung des Indigo in Schwefelsäure mit Alaun mischt, durchseiht und mit Pottasche fällt. Indigpurpur erhält man, wenn man sehr

fein gepulverten Indigo mit 20 facher Menge konzentrirter englischer Schwefelsäure übergiesst; ist die Masse rothviolett geworden, mischt man sie sorgfältig mit viel Wasser und zuletzt mit schwacher Sodalösung, bis die saure Reaktion verschwunden ist; sie verträgt beliebige Zusätze von Orseille (siehe diese) und giebt ein schönes Violett. Alle Indigofarben finden in der Färberei die ausgedehnteste Anwendung, weil sie sich durch Eleganz und Dauer in hohem Grade auszeichnen; die Art und Weise der Färberei ist eine äusserst verschiedene, die zwei Hauptmethoden bestehen darin, dass man sowohl Lösungen von reduzirtem Indigo, oder Lösungen von Indigoblau in Schwefelsäure benutzt; die erste Methode nennt man Küfen-Färberei, und liefert diese sehr sichere Resultate; die zweite bezeichnet man mit „Sächsischblaufärben", die vergänglichere Farben giebt.

Im übrigen verwendet man die Indigofarben zum Färben des Elfenbeins, der Federn, des Holzes, des Leders, der künstlichen Blumen etc., ferner in der Aquarellmalerei, zur Bereitung von blauer Tinte, Indigopapier etc.

Zur Indigobereitung hat man vielfache Versuche mit anderen Pflanzen gemacht, die zwar Beachtung verdienen, aber bis jetzt zu bedeutenden Resultaten nicht geführt haben; in China und Japan werden die Blätter von Polygonum tartaricum und P. tinctorium (tartarischer Buchweizen und Färberknöterich) getrocknet und zu Kuchen geformt; in Algier soll Indigo aus Eupatorium tinctorium (Wasserdosten, Alpkraut) gewonnen werden. Während der Kontinentalsperre bereitete man aus den Blättern des Waid (siehe diesen) Indigo, aber die Ausbeute ist wenig lohnend, während der Waid auf andere Weise treffliche Dienste leistet. Auf der Londoner Industrie-Ausstellung 1862 befand sich ein blauer Farbstoff von einer in Assam wild wachsenden Pflanze, einer Art Ruellia, welcher wie der Indigo gewonnen wird.

In allerneuster Zeit ist es dem Prof. A. Baeyer in München gelungen nach zwei Methoden das Indigoblau auf künstlichem Wege darzustellen[1]).

4. Haematoxylin (Hämateïn) ist der färbende Bestandtheil des Campecheholzes vom Stamme des Hämatoxylon campechianum, der in Zentral-Amerika heimisch ist und auf den Antillen angepflanzt wird; der Farbstoff krystallisirt in schönen strohgelben, durchsichtigen lebhaft glänzenden, strahligen Krystallgruppen, und kann durch Abwaschen mit kaltem Wasser und Abpressen rein erhalten werden. Das Hämatoxylin schmeckt süss, löst sich wenig in kaltem, mehr in heissem Wasser und auch in Alkohol und Aether, es schmilzt beim Erhitzen in seinem Krystallwasser und verkohlt in höherer Temperatur. Verdünnte Schwefelsäure und Salzsäure wirken kaum darauf, Salpetersäure verwandelt es in Oxalsäure. Die wässerige Lösung wird durch den Sauerstoff der Luft nicht verändert,

[1]) Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 1879 S. 1309 und 1600.

aber durch die geringste Spur von Ammoniak roth gefärbt. Kali färbt die wässerige Lösung des Hämatoxylins violett, und weingeistige Kalilösung fällt aus der weingeistigen Lösung des Hämatoxylins blaue Flocken. Alaunlösung wird durch Hämatoxylin roth gefärbt, aber es entsteht kein Niederschlag[1]).

5. Zu den blauen Pigmenten gehört auch der Saft oder Absud von Pflanzenstoffen, der entweder gleich ursprünglich blau ist, oder durch Zufügung von wenig Alkali blau wird, oder mit Alaunlösung einen blauen Lack giebt; so der Saft von Heidelbeeren, Hollunderbeeren, schwarzen Johannisbeeren, schwarzen Maulbeeren, Ligusterbeeren, den Beeren des afrikanischen Nachtschattens, der blauen Weintraubenhülsen; der Saft der Blüthen von Veilchen, Kornblumen, Akelei, Glockenblumen, Schwertlilien Rittersporn, Eibisch; der Wurzel der Pimpernelle, Wald- oder Hainampfer; der Same, die Stengel und die Blüthen von Ackerwachtelweizen. Alle diese blauen Pflanzenstoffe werden durch Säuren roth, durch Alkalien grün gefärbt.

Aus dem Mineralreiche.

6. Kobaltblau (Kobaltultramarin, Thenardsblau, Leithenerblau, Wienerblau), eine sehr schöne und dauerhafte Farbe, welche man erhält, wenn man 1 Th. reines phosphorsaures Kobaltoxydul mit 5 Th. verdünnter Schwefelsäure löst, mit einer Lösung von 10 Th. Alaun in 200 Th. Wasser vermischt und die Flüssigkeit mit 8 Th. gereinigter Pottasche und 16 Th. krystallisirter Soda fällt. Der Niederschlag wird gut ausgewaschen, gepresst, getrocknet und in einem gut bedeckten Tiegel anfangs gelinde, dann aber 1 Stunde lang sehr heftig geglüht. Die erkaltete Masse wird zerrieben. Uebrigens lässt sich diese Farbe auch nach verschiedenen anderen Methoden ebenfalls darstellen.

Diese Farbe wird vielfach in der Porzellanmalerei benutzt, zu welchem Zweck man 42 Th. derselben mit 8 Th. Kobaltoxydul, 50 Th. Sand und 50 Th. Bleioxyd mischt. Das Kobaltblau unterscheidet sich vom Ultramarin dadurch, dass es nicht durch Säuren entfärbt wird und am Licht violett erscheint. Es deckt nicht sehr gut, eignet sich aber zur Wasser- Oel- und Porzellanmalerei, auch als Kalkfarbe und zum Bedrucken von Stoffen. In England stellt man eine ähnliche Farbe her, die in's Grüne spielt und aus zinnsaurem Kobaltoxydul besteht, gemischt mit Zinnoxyd und Gyps.

7. Smalte ist ein durch Kobaltoxydul intensiv gefärbtes Glas, welches gemahlen in den Handel kommt und als blaue Farbe benutzt wird. Man bereitet die Smalte aus gerösteten Kobalterzen, indem man diese in Tiegeln

---

[1]) Die neusten Forschungen über das Wesen des Hämatoxylins von C. Liebermann und O. Kurz s. die Berichte der deutschen chem. Gesellschaft 1876 S. 1883.

mit Quarz und Pottasche zu Glas zusammenschmilzt. Das erhaltene Glas schrickt man im kalten Wasser ab, und erhält durch Mahlen und Schlämmen Pulver von verschiedenen Graden der Feinheit und Güte. Die Smalte ist eine äusserst beständige Farbe und eignet sich hauptsächlich zur Glas-, Porzellan- und Freskomalerei, auch in der Töpferei wird sie viel benutzt, ist dagegen als Farbstoff für Papier und Zeugstoffe durch das Ultramarin vollständig verdrängt.

8. Bergblau (Kupferblau) ist eine Malerfarbe, welche in zweierlei Form vorkommt; das natürliche Bergblau ist fein geschlämmte Kupferlasur (Kupferoxyd, Kohlensäure und Wasser); besonders rein findet sich diese in Frankreich in Chessy bei Lyon, auch Tyrol liefert verschiedene Sorten; erstere kam früher unter dem Namen cendres bleues in den Handel, unter welchem Namen jetzt ein künstliches Kalkblau fabrizirt wird.

Unter dem Namen künstliches Bergblau werden manche Kunstprodukte ausgeboten, die aber alle aus Kupferoxydhydrat bestehen und weil ihnen die Kohlensäure fehlt, mit Unrecht den Namen Bergblau führen; diese sind bestimmter zu bezeichnen mit dem Namen Bremerblau.

9. Bremerblau (Kasseler-, Kalk- und Hamburgerblau, auch Mineralblau genannt); diese Farbe unterscheidet sich vom Bergblau dadurch, dass sie keine Kohlensäure enthält, mit Säuren übergossen, also auch nicht aufbraust; sie besteht aus Kupferoxydhydrat und wird durch verschieden geleitete Prozesse entweder aus Kupferoxychloryd und konzentrirter Kalilauge, oder aus salpetersaurem Kupferoxyd und kohlensaurem Kali der Hauptsache nach dargestellt.

Bremerblau kommt meist als lockeres, tiefblaues Pulver in den Handel und dient der Wasser- und Oelmalerei; das zum Buntpapier und Tapeten bestimmte ist als Brei käuflich; es muss sich ohne Brausen in Säuren vollständig auflösen, und wenn man aus der Lösung das Kupfer mit Schwefelwasserstoff gefällt hat, so darf durch kohlensaures Natron kein Niederschlag mehr entstehen, sonst war das Bremerblau mit Kalk oder Magnesia vermischt. Solches oder mit Thonerde gemischtes Bremerblau nennt man Kalkblau. Mit Oel angerieben, wird das Bremerblau bald grün und heisst dann auch Bremergrün, Englisch-, Französisch- oder Magdeburgergrün.

10. Ultramarin (Lasurblau, Azurblau) wurde ursprünglich aus dem Lasurstein (Lapis lazuli), jetzt aber künstlich dargestellt. Das natürliche Ultramarin enthält 34,8 Thonerde, 35,8 Kieselsäure, 23,2 Natron, 3,1 Schwefel, 3,1 kohlensauren Kalk, und wird künstlich gebildet aus 43 Th. Kaolin, 50 Th. Glaubersalz, 11 Th. Kohle; die innig gemischten Ingredienzien werden in Häfen gefüllt und der hellen Rothglühhitze ausgesetzt; die schwach gesinterte grasgrüne Masse wird mit Wasser vollständig ausgewaschen. Nach dem Trocknen mahlt man sie, röstet das Pulver unter Zusatz von etwas Schwefel in eisernen Cylindern, um es höher

zu oxydiren, erhitzt es dann in eisernen Kästen, um überschüssigen Schwefel zu entfernen, und wässert das erhaltene Blau abermals. Das Produkt, welches man so erhält, nennt man Glaubersalzultramarin, weil man auch Sodaultramarin fabrizirt; letzteres enthält mehr Schwefel, ist spezifisch leichter und widersteht Säuren und Alaunlösungen länger als andere Sorten.

Alle Ultramarinsorten werden nach dem Rösten und Wässern nass eingemahlen, geschlämmt, und hierbei hat man es in der Gewalt, hellere oder dunklere Sorten zu erzeugen. Manche Ultramarinsorten werden mit Kaolin, Gyps oder Weizenmehl gemischt und kommen als Blaukugeln in den Handel.

Ultramarin ist bei gewöhnlicher Temperatur unveränderlich gegen Luft, Licht, Wasser, Schwefelwasserstoff, Kalkwasser; in angehender Weissglut schmilzt es zu einem gelben Glase; die Anwendung des Ultramarin ist sehr mannigfach, man benutzt es zum Tünchen, in den Tapetenfabriken als Druckfarbe, zum Zeugdruck auf Wolle, Baumwolle, Seide, zum Färben des Papiers, Siegellacks, Bläuen der Wäsche, zur Wasser- und Oelmalerei.

11. Berliner Blau; Gesammtname der tiefblauen Niederschläge, die durch die Auflösungen des gelben und rothen Blutlaugensalzes oder deren analogen Verbindungen in den Auflösungen der Eisenoxyd- und Eisenoxydulsalze entstehen, sowie der blauen Körper, welche so häufig als Zersetzungsprodukte der Eisencyanür- und Eisencyanid-Verbindungen auftreten, man unterscheidet:

das neutrale Berlinerblau; es fällt als dunkelblauer Niederschlag beim Vermischen einer Eisenoxydullösung mit einer Lösung von Kaliumeisencyanür und ist wasserhaltiges Eisencyanürcyanid.

Das basische oder lösliche Berlinerblau ist eine im Wasser lösliche Verbindung von neutralem Berlinerblau mit Eisencyanür, welches letztere in basisches Berlinerblau übergeht.

Das Berlinerblau ist geruch- und geschmacklos, in Wasser, Alkohol und verdünnten Säuren unlöslich, am Lichte erbleicht es, indem es Cyan verliert, wird aber im Dunkeln wieder tiefblau; Alkalien und Aetzkalk zersetzen es sehr leicht, wobei rothes Eisenoxyd und Cyanverbindungen der Alkalien und des Aetzkalkes entstehen; man darf daher Berlinerblau nicht als Anstrichfarbe auf frische Kalkwände bringen, auch mit Berlinerblau gefärbte Stoffe nicht mit Seife oder Lauge waschen.

Im allgemeinen erhält man es durch Fällung von Eisenoxydulsalzen mit rothem oder auch mit gelbem Blutlaugensalz; man unterscheidet noch weitere Sorten:

Turnbulls Blau zeichnet sich durch prachtvolle, tiefblaue Farbe aus, mit einem Stich in's Violette; Pariserblau ist chemisch reines Berlinerblau, dunkelblau, fast schwarz, von muschligem, kupferglänzendem Bruch

in Kleesäure und weinsteinsaurem Ammoniak zu einer prächtig blauen Flüssigkeit löslich; die feinste Sorte wird Stahlblau genannt, eine andere ohne Kupferglanz Miloryblau. Auf Seide haftend nennt man es Raimondsblau oder Marieluisenblau.

Berlinerblau stimmt in der Zusammensetzung mit dem Pariserblau überein, ist aber mit Thonerde, Stärke etc. vermischt, man unterscheidet aber auch hier eine grosse Anzahl Varietäten, wie sächsisches Blau, Luisenblau, Zwickauer-, Erlanger-, Hortensien-, Oelblau. Mineralblau, Antwerperblau, Wasch-, Neu- und Wasserblau ist mit Berlinerblau gefärbtes Thonerdehydrat, geschlämmter weisser Thon, Kreide, Gyps, Schwerspath, Zinkweiss, kohlensaures Zinkoxyd, Magnesia, Stärke etc. Auch kommen ganz andere Farben unter diesen Benennungen vor. Die Verwendung von Berlinerblau ist eine sehr umfassende, es steht ausgezeichnet in Oel und Wachs und erhält sich, wie dies Farbproben erwiesen haben, die vor 60 Jahren hergestellt wurden, in vollster Reinheit; in Oel gewinnt es viel Körper und wirkt zugleich als Deckfarbe, in der Wassermalerei aber lasirt es fein; ältere Kalkwände müssen der Sicherheit wegen mit Kreide oder Thon grundirt werden, ehe Anstriche von Berlinerblau verwendet werden dürfen.

12) Molybdänblau (mineralischer Indigo, blauer Karmin) entsteht, wenn man mit Zinnchlorür aus einer Molybdänsäurelösung, molybdänsaures Molybdänoxyd mit molybdänsaurem Zinnoxyd fällt; die blaue Verbindung entsteht auch bei der Oxydation des Molybdänoxydhydrates an der Luft und bei der Reduktion der Molybdänsäure durch Zink.

d. Rothe Farben.

Aus dem Thierreiche stammen:

1. Der Purpur, die prachtvollste violettrothe Farbe des Alterthums, wurde aus einer Seemuschel des mittelländischen Meeres, die in besonderer Güte von Tyrus kam, gewonnen. Was Plinius über die Gewinnung des Purpurs mittheilt, wurde durch neuere Untersuchungen bestätigt; man findet nämlich in einem kleinen weisslichen Gehäuse unter der Schale nahe am Kopfe von Purpura haemastoma et lapillus, Murex brandaris, trecuculus et erimaceus farblose oder schwachgelbliche Sekretionsstoffe, welche im Sonnenlicht gelb, grün, blau, violett und zuletzt in Purpur oder Scharlach übergehen und zwar unter Entwickelung eines widerlichen Knoblauchgeruches. Im dunkeln hält sich diese thierische Ausscheidung jahrelang unzersetzt; durch Ausziehen von 400 Thierchen mit Alkohol erhält man am Sonnenlicht eine Ausscheidung von 7 mg. Purpur[1]). Der Farbstoff von M. trecuculus, der sich auch im dunkeln färbt besteht aus 2 Farben, von denen eine Indig ist.

---

[1]) Chemical News 1879 S. 285: Ueber den Purpur der Alten von E. Schunk.

Die Purpurfarbe zeichnet sich durch Pracht, Glanz und Haltbarkeit und dadurch aus, dass sie sich ohne Beize sehr leicht auf Faserstoffe befestigen lässt; durch Seife wird sie reiner, glänzender und feuriger. Die bedeutendsten Purpurfärbereien lagen am Meere, wie Tyrus, Cos, Tarentum, Syrakus etc., einige aber auch im Binnenlande, wie Tis.

Der Purpur, welchen die asiatischen Herrscher getragen haben, war ein anderer als der zur römischen Kaiserzeit gebrauchte; Aurelianus erhielt einen persischen Purpurmantel, welcher den römischen weit übertraf.

Die byzantinischen Kaiser benutzten eine aus Purpur bereitete Tinte zur Unterschrift von Dekreten. (Purpurkarmin, Goldpurpur siehe S. 468.)

Eine sehr schöne Purpurfarbe zu Moses Zeiten schon bekannt und von allen alten Völkern wahrscheinlich mehr als die Purpurschnecke zum Färben benutzt, wird heute noch aus den getrockneten Weibchen der Kermesschildlaus (Grana Kermes) hergestellt. Diese saugen sich an den saftigen Stellen junger Blätter Quercus coccifera fest und erleiden in diesem Zustande die Begattung. Die Grösse des Weibchens ist die eines Hirsekornes, entwickelt sich aber schnell bis zur Grösse einer Erbse und ist dann gefüllt mit nahezu 2000 Eierchen deren jedes mit einem rothem Safte gefüllt ist. Diese Thierchen werden so eingesammelt, in Essig getödtet und im Schatten getrocknet.

2. Der Kermes bildet erbsengrosse, runde oder zusammengefallene Kugeln, welche braunroth, glatt, glänzend, hohl mit einer pulverigen, rothen Masse gefüllt sind und so sehr einer Beere gleichen, dass man sie lange Zeit für solche hielt und Scharlachbeere oder Färberbeere nannte. Er giebt zerrieben ein karmoisinrothes Pulver und mit Zinnsalz ein feuriges Scharlachroth, welches aber einen Stich in's Gelbe hat; der Farbstoff des Kermes ist dem der Cochenille sehr verwandt, wurde aber durch letzteren verdrängt, da 5 Kilogr. Kermes dazu nöthig sind, um 500 Gramm Cochenille gleichwerthig zu sein. Man benutzt den Kermes jetzt nur noch selten zur Darstellung billiger Lackfarben, zum Färben von Tinkturen, Pulvern etc.

3. Karmin, rother Farbenstoff aus der Cochenille oder Nepal-Schildlaus (Coccus cacti) besteht aus Karminsäure und enthält als wesentlichen Bestandtheil ausserdem eine geringe Menge stickstoffhaltiger Substanzen. Die getrockneten Weibchen, auf mehreren Kaktusarten in Mexiko, Zentral-Amerika, Algier und dem Kap der guten Hoffnung lebend, werden förmlich gezüchtet, dann zweimal im Jahre eingesammelt, durch Wasserdampf getödtet und dann in einem Backofen getrocknet. Die Darstellung des Karmins ist eine einfache Operation; den besten Karmin erhält man aus der besten Sorte Cochenille mit Hülfe von destillirtem Wasser. Auch die Temperatur und das Licht sollen die Schönheit der Karminfarbe zu beeinflussen im Stande sein, und das schönste Produkt soll an sonnigen Tagen erhalten werden. Einen schönen Karmin erhält man, wenn man 1 Kilogr.

beste gepulverte Cochenille mit 75 Kilogr. kochendem Wasser schüttelt, nach 2stündigem Kochen 100 Gr. feinen Salpeter und dann nach 3 Minuten 125 Gr. Kleesalz hinzusetzt, noch 10 Minuten kocht und dann 4 Stunden ruhig stehen lässt und die Flüssigkeit nach dem Absetzen in flache Glasschalen bringt, worin sie drei Wochen stehen bleibt. Nach dieser Zeit entfernt man den Schimmel, zieht die Flüssigkeit mit einer Pipette soviel wie möglich ab, und trocknet den Bodensatz im Schatten. Nach anderer Vorschrift, deren es übrigens viele giebt, versetzt man den Cochenillen-Absud mit Soda und Pottasche, dann mit Alaun und bewirkt die Ausscheidung des Karmins durch Zusatz von Eiweiss oder Hausenblase. Der eiweisshaltige Karmin ist schwer zerreiblich, bleibt stets etwas körnig und eignet sich zum Malen und zur Anfertigung von Tinte, während der von Hausenblase dargestellte sehr zertheilbar ist und vorzügliche Anwendung in der Miniaturmalerei findet.

Der gebrannte Karmin wird durch vorsichtiges Erhitzen geringer Mengen gewöhnlichen Karmines, als dunkelpurpurrothes bis violettes Pulver erhalten und zeichnet sich durch grosse Beständigkeit aus. Karminviolett ist der Niederschlag, welchen mit Essig angesäuerte Bleizuckerlösung in einer Cochenillenabkochung erzeugt.

Die Karminfarben sind alle sehr theuer und werden deshalb sehr häufig verfälscht, besitzen dann aber niemals die schöne Farbe des reinen Karmins[1]).

Karminlack (Florentiner, Pariser oder Wiener Lack) ist eine Verbindung von Thonerde mit Karmin vermengt mit mehr oder weniger überschüssiger Thonerde, um der Farbe mehr Körper zu geben und die verschiedenen Nüancen zu erhalten; man erhält ihn, indem man die Cochenille mit gleichen Theilen Alaun kocht, dann zwei weitere Theile Alaun zusetzt und die Flüssigkeit mit kohlensaurem Kali oder Natron niederschlägt; auch setzt man etwas Zinnsolution zu. Aechter Karminlack ist sehr leicht zerreiblich und dient allen Branchen der Malerei als vorzügliches Farbmaterial.

Unter Lac-Dye oder Färbelack versteht man einen aus dem Stock- oder Körnerlack gezogenen rothen Farbstoff; die Lackschildlaus, Coccus laccae, in Ostindien heimisch, sticht in die Zweige gewisser Feigenbäume, die dadurch einen Saft abgeben, in dem das Thierchen eingehüllt erhärtet; das Harz erscheint dann von dem im Thiere enthaltenen Farbstoff gefärbt, und wird der Lac-Dye aus diesem Stocklack gewonnen.

Dem Pflanzenreiche gehören an:

4) der Krapp; wichtiger Farbstoff durch Mannigfaltigkeit, Schönheit und Dauerhaftigkeit der Farbe ausgezeichnet, ist die Wurzel der Färberröthe (Rubia tinctorum), welche im südlichen Deutschland und Frankreich

---

[1]) Eine Prüfungsmethode der Cochenille giebt Löwenthal in Dingler's Polyt. Journ. 1877 Band 225 S. 407.

Italien, Spanien und der Türkei etc. wild wächst, aber ihres vorzüglichen Nutzens wegen überall gebaut und kultivirt wird. Im Orient kommt R. peregrina, in Ostindien und Japan R. mungista oder Mungent vor. Die 10—25 m. lange Wurzel ist knollig, gegliedert, mit vielen Nebenwurzeln versehen und von der Stärke einer dicken Federspule; sie hat eine röthlichbraune korkige Aussenrinde, unter dieser einen dunkelfarbigen fleischigen Theil und in der Mitte einen helleren holzigen Kern; sie schmeckt bitter und hat einen aromatischen Geruch. Diese Wurzeln werden meist in Trockenstuben, hin und wieder auch im Freien an schattigen Plätzen getrocknet, im ersteren Fall am besten bei 40°, wo sie 60 Prozent ihres ursprünglichen Gewichtes verlieren; dann werden sie auf einer Tenne leicht gedroschen, damit sie ihre Aussenrinde und ihre dünnen Wurzelfasern verlieren. Die gereinigten Wurzeln kommen nach abermaligem scharfen Trocknen auf die Krappmühle und liefern den beraubten Krapp, von hier wird er zwischen Mühlsteinen fein gemahlen, endlich durch Absieben eine Sortirung vorgenommen.

Im Handel unterscheidet man: den levantinischen Krapp unter dem Namen Alizari oder Lizari; er kommt von Smyrna, Cypern ungemahlen zu uns und übertrifft alle anderen Krappsorten. Der avignoner Krapp kommt aus Elsass nnd der Provence in drei Sorten: Paulus, Rosé und Jaune vor, die wohl je nach Bedürfniss untereinander gemischt werden; die erstere Sorte liefert die dauerhaftesten Farben, Rosé allein ist nicht zu brauchen, wird nur mit Paulus in verschiedenen Verhältnissen gemischt und andern Farbstoffen zur Nüancirung zugesetzt; Jaune ist auffallend gelb und liefert weder schöne noch haltbare Farben. Der holländische Krapp ist in seinen besseren Sorten dem avignoner gleich von orange bis braunrother Farbe. Der elsasser Krapp ist rothbraun bis lebhaft gelb; ferner hat man schlesischen, pfälzer und ungarischen Krapp, alle sehr billig, aber sie haben wenig lebendiges Kolorit.

Der extrahirte Saft des Krapp ist gelblich und wird schon an der Luft roth, Ammoniak färbt ihn purpur, Schwefelsäure nur roth. Zieht man Krapp mit Wasser aus, welches in 1000 Th. 4,5 schweflige Säure und 1 Th. Salzsäure enthält, so bildet sich eine orangegelbe Flüssigkeit, welche mit Zusatz von $1^1/_2$—3 Prozent Schwefelsäure oder Salzsäure allmälig auf 50° erhitzt, rothe Flocken von Purpurin oder Rubiazin ausscheidet, die beim Erhitzen in rothen Krystallen sublimiren und mit Ammoniak eine rein karminrothe Lösung ohne violetten Ton geben. Die Mutterlauge von Purpurin giebt in der Siedhitze einen Niederschlag von Alizarin. Krappkarmin ist ein sorgfältig bereiteter Krappextrakt zur Miniaturmalerei, welcher durch das reine Purpurin ersetzt werden kann. Krapplack besteht in einer Verbindung des rothen Farbstoffs mit Thonerde; man erhält ihn sehr rein, wenn man Purpurin mit seinem gleichen Gewicht Alaun zerreibt, mit Wasser auswäscht und die Flüssigkeit bei

80° C. mit etwas kohlensaurem Natron sättigt. Dieser Lack ist eisenroth mit einem Stich in's Gelbliche; den ausgewaschenen Rückstand behandelt man mit der zehnfachen Gewichtsmenge Alaun, der in seiner 20fachen Gewichtsmenge Wasser gelöst ist, filtrirt kochend und sättigt sofort mit Soda, bis sich rothe Flocken zeigen. Dieser Lack ist rosenroth und sehr weich.

Die Krappblumen (fleur de garance) erhält man durch Auswaschen und Gährenlassen des gemahlenen Krapps; werden diese mit siedendem Holzgeist extrahirt, der Auszug filtrirt und ihm destillirtes Wasser zugesetzt, so erhält man Azale, in Frankreich zum Färben benutzt. Unter dem Namen Garancin (sogenannte Krappkohle) und Garanceux begreift man gleichfalls in Frankreich hergestellte Krapppräparate; ebenso sind das Kolorin, das grüne und gelbe Alizarin, welche seit einigen Jahren grosse Verbreitung gefunden haben, aus dem Krapp dargestellt.

Alle Krapp-Farben zeichnen sich durch ihre Totaleigenschaften als Färbemittel aus und während Krapp an und für sich äusserst feste und dauerhafte aber nicht sehr lebhafte Farben für alle erdenklichen Zwecke liefert, so hat man es doch auf chemischem Wege dahin gebracht, durch Beizen von Alaun, Weinstein, Zinnsolutionen und Eisen Nüancirungen und Töne hervorzubringen, die an Schönheit und besonders an Haltbarkeit fast alle anderen Farben übertreffen; sie nehmen in der Wasser- und Oelmalerei und als Anstrichfarben gleichfalls einen hervorragenden Platz ein[1]).

5. Orseille, Persio und Kudbear, röthlich violetter Teich, welcher hauptsächlich in der Woll- und Seidenweberei als Farbstoff benutzt wird; man erhält ihn aus verschiedenen Flechtengewächsen, so aus Rocella tinctoria, aus mehreren Arten Variolaria und Pertusaria communis (von den Basalten des Rhöngebirges). In Deutschland liefern Fabriken in Eisenach, Leipzig, Chemnitz, Stuttgart etc. Orseille aus Flechten, welche auf den kanarischen Inseln, zum theil auf den Pyrenäen gesammelt, theils aber auch aus Unterkalifornien, Lima und Valparaiso, man betrachtet aber die Darstellung derselben als Fabrikgeheimniss. Das Verfahren besteht jedoch im wesentlichen darin, dass die gereinigten und erweichten Flechten mit ammoniakalischen Flüssigkeiten unter Mitwirkung von Luft und Wasser der Gährung unterworfen werden; als Resultat ergiebt sich schliesslich ein Produkt welches Orceïn genannt wird und als der wesentliche Farbstoff der Orseille zu betrachten ist; der Persio, Kudbear oder rothe Indig ist ziemlich dasselbe Produkt wie die Orseille und erscheint als röthlich-violettes Pulver; sehr reine Präparate geben den Orseillekarmin und Orseillepurpur; bei dem Emporblühen der Anilinfarbenindustrie haben diese Flechtenfarben wenig Bedeutung mehr.

[1]) Mit der Untersuchung der Krappfarbstoffe haben sich in neuester Zeit E. Schunk und H. Römer und A. Rosenstiehl eingehender befasst, s. Berichte der deutsch-chem. Gesellschaft 1877 S. 172, 734 und 1178.

In Wasser ist der Farbstoff der Orseille löslich, die dunkelkarmoisinrothe bis rothviolette Flüssigkeit entfärbt sich in dicht verschlossenen Gefässen, nimmt aber in Berührung mit der Luft ihre Farbe wieder an. Verdampft man die wässerige Lösung, so erhält man das Orseilleextrakt, durch anderweitige chemische Mittel erhält man den französischen Purpur[1]).

6. Drachenblut, ein dunkelbraunes Harz, welches ein rothes Pulver giebt und in Alkohol, Aether, den Oelen und Alkalien mehr oder weniger löslich ist; es stammt vom Drachenblutbaum (Dracaena draco), dessen Früchte in ihrem freiwillig ausgeschiedenen Harze die vorzüglichste Waare geben. Das gereinigte Harz kommt in Stangen, in Massen und in Körnern in den Handel, theils aus Ostindien, theils aus Amerika und zwar hauptsächlich aus Westindien. Der Farbstoff des Drachenblutes, der durch ein leuchtendes Roth sich auszeichnet, dient zum Färben von Holz oder Marmor und giebt eine schöne Malerfarbe.

7. Brasilienholz (Rothholz), rothes auch gelbbraunes Farbholz, ist ein Produkt der Tropenländer, besonders Brasiliens, von welchem es den Namen führt. Das ächte Brasilienholz, von Caesalpina brasiliensis s. crista führt auch den Namen Fermanbukholz; es ist auswendig gelbbraun, inwendig hellroth, schwer und ziemlich hart und gilt als das ergiebigste aller rothen Farbhözler; kocht man es mit Wasser, so erhält man eine rothe Lösung (Brasilin) und das Ungelöste wird schwarz. Alkohol und Alkalien ziehen aus dem ungelösten Holze einen dunkelrothen Farbstoff aus; die rothe Abkochung giebt auf Zugiessen einer Säure einen rothen Niederschlag; die filtrirte Flüssigkeit ist gelb. Kohlensaures Natron und Kali färben die Abkochung karmoisinroth und setzen auch einen ebenso gefärbten Niederschlag ab. Alaun bewirkt einen rosenrothen Niederschlag, schwefelsaures Kupferoxyd wie Eisenvitriol einen dunkelvioletten. Die Farbe ist sehr haltbar, hat alle Nüancen von Orange bis Roth und wird viel in der Stofffärberei verwendet[2]).

Santelholz (Koliaturholz) von Pterocarpus Santalinus von Ceylon und Ostindien kommt gelb und roth in den Handel; der im Holze vorhandene harzartige Farbstoff führt den Namen Santalin; der gleiche Farbstoff findet sich auch im sogenannten Barwood- oder Oamholz, das von Baphia nitida aus Afrika kommt; Santalin wird zu gefärbten Lacken, zur Möbelpolitur, zum Rothfärben des Leders verwendet.

8. Alkanna oder Lawsonia, eine Strauchart (Anchusa tinctoria) des Orients und Nordafrikas, die auch in Westindien kultivirt wird; die gepulverten Blätter geben einen schön orangefarbigen ächten Farbstoff, mit dem orientalische Frauen sich die Nägel, die inneren Handflächen und die

---

[1]) Ein neues patentirtes franz. Verfahren der Darstellung von Orseille bespricht: Chemic. News 1876 S. 215.

[2]) Die neusten Forschungen über das Wesen des Brasilins von C. Liebermann und O. Burg s. die Berichte der deutsch-chem. Gesellschaft 1876 S. 1883.

Fusssohlen färben. Der Extrakt der Alkanna Wurzel ist neuerdings als vorzügliches Mittel zum Rothfärben von Holzpolituren empfohlen worden[1]).

Geringe Bedeutung hat das Harmalaroth aus dem Samen der Steppenraute (Peganum Harmala), dessen Farbstoffe das Harmalin und Harmin aus dem gepulverten Samen gewonnen wird; die Salze des Harmalins sind gelb und meist leicht löslich und krystallisirbar. Weiter wäre hier zu nennen das Chikaroth aus den Blättern der Bignonia chica, welches von den indianischen Stämmen am Orinoko zum Rothfärben der Haut verwendet wird.

Aus dem Mineralreiche gewinnt man:

9. Unter Purpurkarmin (purpursaures Ammoniak, Murexid), versteht man eine Farbe, die sich durch prächtiges Roth auszeichnet und in verschiedener Weise chemisch dargestellt werden kann und dadurch verschiedene Nüancirungen durchmacht; die Murexydfarben sind jedoch nicht sonderlich beständig, Luft, Licht und Feuchtigkeit zerstören sie bald, Ammoniak, Seife, Säuren, Schweiss, selbst heisses Wasser verändern sie und so ist es leicht erklärlich, dass sie den Anilinfarben weichen mussten.

Murexid ist eine stickstoffhaltige chemische Verbindung und entsteht aus den Zersetzungsprodukten der Harnsäure und ist für letztere charakteristisch, da eine Lösung derselben, mit verdünnter Salpetersäure völlig eingedampft, sich an der prächtig rothen Murexidfärbung, die besonders bei Ammoniakzusatz auftritt, zu erkennen giebt.

Goldpurpur ist ein Niederschlag, welcher durch eine Zinnlösung in einer verdünnten Lösung von Goldchlorid entsteht und welcher zu den violetten, karminrothen und rosenrothen Farben in der Porzellanmalerei und zur Herstellung des Rubinglases Anwendung findet.

10. Chromroth kommt fast der Farbe des Zinnobers gleich und man erhält es, wenn man in geschmolzenem Salpeter neutrales chromsaures Bleioxyd einträgt und den Tiegel vom Feuer entfernt, ehe noch die Zersetzung des Salpeters vollendet ist, man giesst den Salpeter ab und wäscht möglichst schnell aus. Gut bereitet ist das Präparat prächtig roth, bei zu hoher Temperatur dargestellt ist es bräunlich und lange Berührung mit der Salzmasse macht es gelblich. Im Handel kommt es vor als Chrom-Zinnober, österreichischer Zinnober, falscher Zinnober, Vandycks Roth und ist eine treffliche Wasser-, Kalk- und Oelfarbe, ist auch zur Siegellackfabrikation gut geeignet.

11. Englischroth (Eisenroth, Eisenoxyd) wird als rother und rothbrauner Farbstoff als Wasser-, Oel-, Porzellan- und Emailfarbe, dann auch als Schleif- und Polirmittel vielfach verwendet und je nach dem Zwecke, dem er dienen soll, auf verschiedene Weise dargestellt. So wird

[1]) Deutsche Industrie-Zeitung 1879 S. 207.

er in verschiedenen Zuständen erhalten und man unterscheidet hauptsächlich folgende Sorten: Indischroth, roth bis rosenroth, kommt als feine Malerfarbe in den Handel und wird in Bengalen durch Pochen sehr reiner Stücke von natürlich vorkommendem Eisenoxyd bereitet.

Persischroth und das aus dem Blutstein (Rotheisenstein) gewonnene Pulver, welches auch zum Poliren verwendet wird, sind ähnliche Präparate. Polirroth (Todtenkopf, Caput mortuum, Colcothar) ist schön rothbraun, dient als Anstrich- und Malerfarbe und wird als Rückstand bei der Fabrikation der rauchenden Schwefelsäure gewonnen; es ist hellziegelroth bis dunkelviolettroth, je nach der Temperatur, bei welcher es hergestellt wurde. Mit der steigenden Hitze nimmt auch die Dichte des Präparates zu. Das hellrothe weiche Polirroth, auch Goldroth genannt, dient zum Poliren von Metallen, wie Gold und Silber, wird aber auch zum Anstrich benutzt. Das dichtere dunklere heisst Stahlroth; und dient zum Poliren des Stahls. Das am stärksten geglühte Präparat, welches anhaltender Weissglut ausgesetzt war, heisst Eisenviolett und dient als Malerfarbe.

Chemischroth, Nürnberger-, Neapel-, Französischroth (Kaiser- und Königsroth, Berliner- und Preussischroth, Braunroth) sind verschiedene Sorten von Eisenoxyd, die verschiedenartig zubereitet werden. Durch Glühen von reinem Eisenvitriol erhält man eine schöne Malerfarbe, die man Marsroth nennt; durch Glühen von 500 gr. Eisenvitriol und 34 gr. Salpeter, Auskochen der Masse und abermaliges Glühen erhält man eine braunviolette Malerfarbe.

12. Bolus ist eine thonige Erde, die zu rothen und braunen Farben Anwendung findet. In Wasser geworfen zerfällt der Bolus unter Knistern zu einer feinerdigen plastischen Masse. Seine Farbe ist braun in verschiedenen Nüancen, von Isabellgelb bis kastanienbraun, durch Brennen wird der Bolus roth, bei Mangangehalt braun (zyprische Umbra), der rothe Bolus oder die Erde von Sienna (Terra de Sienna), die auch gebrannt wird und dadurch einen sehr leuchtenden Farbton erhält, ist eine sehr geschätzte Malerfarbe sowohl in Wasser-, Oel- und Fresko-Malerei, auch der rothe Bolus von Sinope wurde von den Alten vorherrschend zu Wandmalereien benutzt und zeigt sich noch jetzt in Pompeji in seiner vollen Farbenschönheit.

Den rothen Bolus, der hauptsächlich zum Anstrich verwendet wird, bezieht man aus Nürnberg.

Armenischer und morgenländischer Bolus werden als die feinerdigsten Sorten am höchsten geschätzt. Gebrannter Bolus kommt aus Holland als Englisch- und Berlinerroth in den Handel. Plinius bezeichnet den Bolus als ein vorzügliches Heilmittel in sehr vielen Krankheitsfällen, der Glaube an diese wunderthätige Heilkraft ist jedoch längst entschwunden.

13. Kobaltroth ist eine sehr schöne rothe Farbe von verschiedenen

Nüancen und wird erhalten, wenn man schwefelsaures Kobaltoxydul mit phosphorsaurem Natron fällt, den Niederschlag auswäscht und an der Luft trocknet. Diese Farbe ist rothviolett, wenn man sie aber recht gleichmässig erhitzt, so giebt sie zahlreiche und reine Zwischentöne bis violettblau. Die Farbe eignet sich zum Färben von Zeugstoffen, zum Tapetendruck, zum Malen und vorzüglich zur Oelmalerei. Kobaltroth erhält man auch, wenn man eine konzentrirte Lösung von salpetersaurem Kobaltoxydul mit kohlensaurer Magnesia fällt, trocknet und dann glüht.

14. Mennige ist eine Verbindung von Bleioxyd mit Bleisuperoxyd, ihre Darstellung geschieht vorzugsweise in England und ist bei der Fabrikation, um ein gutes Produkt zu erlangen, nicht allein die grösste Aufmerksamkeit, sondern auch die sorgfältigste Auswahl des reinsten Materials erforderlich. Nachdem man Blei nach und nach in Massicot verwandelt hat, breitet man es auf dem Herde eines Ofens in dünnen Schichten aus und sucht der Luft möglichst Zutritt zu verschaffen, wobei die Temperatur womöglich auf 300° C. zu erhalten ist. Durch häufiges Wenden verwandelt sich dann das Ganze in ein schönes rothes Pulver. Die Mennige wird vielfach als Anstrichfarbe benutzt, ausserdem gebraucht man sie beim Tapetendruck für rosa, orange und rosenrothe Farben, sowie zur Darstellung des Oelkittes, der zum Dichten von Maschinentheilen und besonders Dampfröhren vielfach gebraucht wird.

15. Realgar (Rauschgold, Arsenikrubin) kommt in der Natur als Arsenide vor und besteht aus 30 Th. Schwefel und 70 Th. Arsenik. Künstlich wird es dargestellt durch Zusammenschmelzen von Arsenik mit Schwefel oder durch Destillation von Arsenikkies und Schwefelkies. Realgar wird, wie das ihm verwandte Operment als Malerfarbe, in der Oelmalerei und Lackirkunst gebraucht und verhält sich zu anderen Farben wie dieses.

e. Grüne Farben.

Aus dem Pflanzenreiche.

1. Saftgrün (Seegrün, Blasengrün, Laubgrün, Chemischgrün), Saftfarbe, welche aus nicht ganz reifen Kreuzbeeren (Gelbbeeren) bereitet wird. Man stellt die zerriebenen Beeren 6—8 Tage in einen Keller, presst sie aus, verdampft den durch ein Tuch gegossenen Saft im kupfernen Kessel zur Syrupskonsistenz und setzt auf den Saft von 3 — 4 Körben Beeren 0,5 Kilogr. Alaunpulver zu; dann füllt man den Extrakt in Töpfe oder Blasen und lässt ihn an einem mässig warmen Ort völlig austrocknen. Gutes Saftgrün ist hart, dicht und schwer, von dunkler Farbe und man benutzt es zum Malen, zum Färben von Stoffen, hauptsächlich Leder, zum Bedrucken von Tapeten, Papier und zur Bereitung von grüner Tinte.

2. Chinesisch Grün (chinesischer Indigo, grüner Indigo, Lo-kao), Farbstoff der in neuerer Zeit in kleinen unregelmässigen Tafeln und tafelartigen Fragmenten aus China in den Handel kommt und sich besonders dadurch auszeichnet, dass die übrigens sehr dauerhafte und echte Farbe auch bei künstlicher Beleuchtung schön grün erscheint, während dies bei unseren grünen Farben nicht der Fall ist. Das chinesische Grün wird wahrscheinlich in China aus der Rinde zweier Kreuzdornarten Rhamnus chlorophorus und Rh. utilis gewonnen; es ist leicht zerreiblich, etwas in Wasser löslich; unlöslich in Alkohol und Aether und wird durch Salpetersäure zerstört, durch Salzsäure gelöst und in dieser Lösung von Schwefelwasserstoff entfernt; Alkalien stellen die blaugrüne Farbe wieder her. Chlorkalk färbt die Lösung gelb, dann blau, violett, endlich rosa. Kohlensaure Alkalien und verdünnte Säuren vermehren die Löslichkeit dieses Farbstoffs, der seiner kalk- und thonerdereichen Asche nach ein Lack zu sein scheint.

Das chinesische Grün ist ein äusserst werthvoller Farbstoff und es sind vielfache Versuche gemacht worden es nachzubilden, durch diese Versuche nun hat sich ergeben, dass sich ganz schöne grüne Farben darstellen lassen aus der gemeinen und brennenden Nessel (Urtica urens und dioica), aus den Stengeln und Blättern der Schafgarbe (Achillea millefolium) der Schlüsselblume (Primula) und des Labkrautes (Galium). Auch eine schöne grüne Farbe giebt der mit alkalischer Flüssigkeit gemachte gelbliche Absud der Kaffeebohnen, wenn er einige Zeit der Luft ausgesetzt bleibt. Kreuzdornrinde in Wasser gekocht, den kalt gewordenen Absud mit Kalkwasser versetzt, in weiten Schalen der Luft und dem Licht preisgegeben, giebt, wenn man die Flüssigkeit endlich mit kohlensaurem Kali fällt, filtrirt und auf einem auf Holzasche ausgebreiteten Filter trocknet, einen Farbstoff, der alle für die Färberei wünchenswerthen Eigenschaften des chinesischen Grün's hat.

Aus dem Mineralreiche.

3. Die Grünerde; unter diesem Namen kommen verschiedene meist zerreibliche Mineralien vor mit feinerdigem Bruche, die vielfach als Farbstoffe verwendet werden.

Die Grünerde von Verona (veronenser Grün) ist ein wasserhaltiges Eisensilikat mit einem bedeutenden Gehalt an Alkalien, sie ist seladongrün und wurde schon von den Römern als Farbe benutzt. Die Grünerde tritt bei Verona in Lagern im basaltischen Mandelstein auf, wird aber auch in Böhmen (Kaaden) im basaltischen Tuff gefunden, und an beiden Orten wird sie zur Verwendung als Anstrichfarbe bergmännisch ausgebeutet. Die Grünerde (französisches Grün, Seladonit) wird seiner grossen Beständigkeit wegen zu Wasserfarben-, Oel- und Fresko-

und in der Dekorationsmalerei gern und vielfach benutzt, und kommt in verschiedenen Nüancen in den Handel; die veroneser Erde ist hochspangrün und ziemlich fest, die zyprische apfel- bis spangrün und weich; die sächsische, böhmische und polnische lauchgrün und mattgrün. Durch vorsichtiges Glühen erhält man eine schöne hellbraune Farbe, die sich gleichfalls durch Haltbarkeit als Malerfarbe auszeichnet.

4. Berggrün (Ungarisch-, Tyroler-, Kupfer- und Schiefergrün) ist eine Malerfarbe die in zweierlei Form vorkommt. Das natürliche Berggrün (Malachitgrün) ist ein schönes hellgrünes Pulver und wird aus Malachit bereitet. Das künstliche Berggrün wird hergestellt aus einer kalten Lösung salpetersauren Kupferoxyds, dem man eine Sodalösung zusetzt, doch so, dass letztere im Ueberschuss bleibt, Curcumapapier also noch gefärbt wird. Um verschiedene Nüancen zu erhalten setzt man dem Niederschlage gleich beim Fällen Gyps, weissen Thon, Kreide etc. zu und diese Präparate kommen dann unter den Namen Napoleongrün, Auersbergergrün, Alexandergrün, Glanzgrün in den Handel. Berggrün zu Wasserfarben bestimmt, als sehr feines Pulver trägt die Namen Staubgrün, Wiesengrün, Wassergrün, als körniges Pulver zu Oelfarben heisst es Oelgrün.

5. Bremergrün, Englisch- und Französischgrün, Magdeburgergrün siehe Bremerblau.

6. Braunschweigergrün ist dem Berggrün ähnlich und ist wasserhaltiges kohlensaures Kupferoxyd und Kreide oder Gyps; diese zusammengesetzte Farbe ist hellgrün, deckt ziemlich gut und wird als Oel- und Wasserfarbe verwendet.

7. Scheel'sches Grün (Schwedischgrün, Mineralgrün) ist arseniksaures Kupferoxyd, lebhaft zeisiggrün und sehr brauchbar als Oel- und Wasserfarbe.

Braunschweigergrün wird häufig mit Scheel'schem Grün gemengt und giebt dann eine weitere Farbennüancirung.

8. Schweinfurter Grün, Verbindung von arseniksaurem mit essigsaurem Kupferoxyd; es enthält 58 $^1/_2$ pCt. arsenige Säure. Es dient als prächtig grüne Oel-, Wasser- und Kalkfarbe, ist aber äusserst giftig und sollte niemals mehr zum Färben von Tapeten, Rouleaux, Fenstervorsetzern, Fliegenfenstern, künstlichen Blumen, Papier etc. benutzt werden.

In feuchten Lokalitäten hauchen damit gefärbte Tapeten Arsenwasserstoff aus.

Im Handel ist das Schweinfurter Grün gewöhnlich mit Schwerspath, Gyps etc. nüancirt und führt dann verschiedene Namen: kirchberger Grün, Kaisergrün, Neugrün, Originalgrün, Mitisgrün, Patentgrün, Papageigrün, Pickelgrün, Königsgrün, Kurrer's Grün, englisches Mineralgrün, Jassnägergrün, wiener, englisch, pariser, kasseler, leipziger, baseler, neuwieder,

würzburger, schweizer, schwedisch, brixner, zwickauer, eislebner und lobschützer Grün.

Durch alle diese Namen darf man sich nicht täuschen lassen, denn Schweinfurtergrün ist leicht zu erkennen, wenn man es auf Kohle glüht, wobei es sich durch den, dem Arsenik eigenen Knoblauchsgeruch, verräth.

9. Berlinergrün ist eine schlechte Malerfarbe, die an der Luft nach und nach röthlichgrau wird, man stellt sie dar durch Fällen von schwefelsaurem Kobaltoxydul mit gelbem Blutlaugensalz.

10. Chromgrün kommt als Chromoxyd und als Chromocker in der Natur vor, wird aber stets zu technischen Zwecken künstlich dargestellt und zwar von hellen und dunklen Farbtönen; je nach den Zwecken, welchen das Chromgrün dienen soll, stellt man es dar aus chromsaurem Quecksilberoxydul (sehr zart und dunkelgrün), aus chromsaurem Kali durch Glühen mit gleich viel Schwefel (um so heller je mehr Schwefel angewendet wurde) oder mit Salmiak oder Kohle (dunkelgrün bis fast schwarz).

Ein neues Chromgrün erhält man nach Th. Douglas in dem man feuchtes chromsaures Blei mit 20 pCt. konzentrirter Schwefelsäure in einem Mörser mischt; unter starker Erhitzung färbt sich dasselbe roth. Beim Erhitzen zu heller Rothglut geht dann die freie Chromsäure in Oxyd über und man erhält einen grünen Farbstoff von grosser Deckkraft[1]).

Das Chromgrün wird zum Färben von Glas und Strass, in der Oelmalerei und besonders in der Porzellanmalerei angewendet, es kommt auch als Lackfarbe vor, indem es mit Thonerde vermischt wird. Die schönsten Sorten führen wohl auch den Namen Smaragdgrün.

11. Grüner Zinnober ist eine brillante Mischfarbe aus Chromgelb, frisch gefälltem Berlinerblau und Schwerspath.

12. Grünspan (Spangrün), verschiedene Verbindungen von Kupferoxyd, Essigsäure und Wasser; der im Handel vorkommende destillirte, grün krystallisirte Grünspan wird als Malerfarbe und zur Darstellung des Schweinfurtergrün's verwendet.

Der englische Grünspan und besonders der französische wird sehr geschätzt und vielfach in Färbereien und Zeugdruckereien, dann auch als Malerfarbe und zur Darstellung anderer Kupferfarben benutzt.

13. Kalkgrün (Erdgrün, grüne Asche) wird erhalten, wenn man zu einer verdünnten Lösung von 4 Th. Kupfervitriol eine klare Auflösung von saurer arseniksaurer Kalkerde setzt, die man durch zweistündiges Kochen von 1 Th. pulverigen Kalkhydrat mit 2 Th. arseniger Säure und 30 Th. Wasser erhält und den Niederschlag, nachdem er ausgewaschen worden, mit etwas Gummiwasser trocknet. Kalkgrün wird als Wasserfarbe gebraucht.

14. Ultramaringrün ist ein Farbstoff, der bei der Darstellung des

---

[1]) Chemical News 1879. Band 40 S. 59.

Ultramarins zuerst entsteht und sich durch weiteres Erhitzen in Ultramarin verwandelt.

15. Kobaltgrün (Gellerts-Grün, Zinkgrün) ist eine gut deckende Wasser-, Oel- und Kalkfarbe und wird durch Glühen von 1—$1^1/_2$ Th. reinem Kobaltoxydul mit 10 Th. Zinkoxyd erhalten.

f. Braune Farben.

Zu den braunen Saftfarben gehören vornehmlich:

1. Die Sepia, ein thierischer Saft, der im Tintenfisch in einem der Gallenblase ähnlichen Beutel enthalten ist; diese Beutel werden in der Luft oder im Rauchfange schnell getrocknet, um sie vor Fäulniss zu schützen. Vegetabilische Säuren haben keine Wirkung auf die Sepia, starke mineralische machen sie noch mehr braun. Man reibt dieselbe auf einer Glasschale zu Pulver, macht dies durch starke Aetzlauge zu einem dicken Brei an und setzt unter fortwährendem Rühren auf 16 Gr. Sepia 0,5 Kilogr. Lauge zu; dann kocht man sie unter fleissigem Umrühren in einem irdenen Gefäss eine halbe Stunde lang, filtrirt sie durch trockenes Druckpapier, süsst den Rückstand aus, giesst das Aussüsswasser zu der anderen Brühe, vermischt es mit zweimal so viel Wasser und tröpfelt so lange Schwefelsäure hinzu, als ein brauner Niederschlag erfolgt. Nachdem die Masse 24 Stunden ganz kalt gestanden hat, giesst man die klare Flüssigkeit ab und dampft den Niederschlag bis zur Trockenheit ein. Das so erhaltene braune Pigment wird mit Gummi-Wasser angemacht.

Sepiaähnliche Pigmente erhält man, wenn man leicht entzündliche Thier- oder Pflanzenstoffe z. B. Wolle, Zucker, Gummi, abgenutzte Gerberlohe verkohlt, fein pulvert und dann ebenso behandelt wie die Sepia; durch grössere oder geringere Verkohlung erhält man verschiedene Nüancen des Brauns. Auch die Rinde vom Rosskastanienbaum und die äusseren Schalen der welschen Nüsse lassen sich zu einer sepiabraunen Farbe verarbeiten.

Die Sepia hat einen äusserst angenehmen Ton und trägt sich von allen Aquarellfarben am klarsten und gleichmässigsten auf; Sepiamalereien waren seiner Zeit sehr beliebt; sie dient aber nur als Wasserfarbe.

2. Bister (brauner Lack, Jod-, chemisch Braun) eine schöne durchsichtig braune Farbe, welche in der Wasser- und Miniatur- nicht aber in der Oelmalerei angewendet wird. Man sammelt zur Darstellung des Bisters gleichmässige und kompakte Stücke Glanzruss aus solchen Schornsteinen, in welchen Buchenholz verbrannt wird und pulverisirt denselben. Auf das erhaltene Pulver giesst man reines Wasser und wäscht es so lange aus, bis das Wasser ganz rein bleibt; das ausgewaschene Pulver wird dann geschlämmt und der sich abgesetzt habende feine Schlamm

wird schliesslich mit etwas feinem Gummi arabicum abgerieben, in Stücke geformt und getrocknet; einen sehr ähnlichen Farbton hat

3. der Mineralbister (Manganbraun, Wad), ein natürliches oder künstliches wasserhaltiges Manganoxyd, seltener Mangansuperoxyd. Das natürliche Manganbraun findet sich als Wad in Form von leichten erdigen abfärbenden, rothbraunen Massen von bedeutender Deckkraft. Künstlich erhält man ihn aus den Chlorbereitungsrückständen, (Chlormangan welche man filtrirt und mit Kali oder Natron fällt, worauf man den Niederschlag sammelt, auswäscht und der Luft so lange aussetzt, bis er vollständig braun geworden ist. Künstliches Mangansuperoxyd erhält man aus derselben Flüssigkeit durch Fällen mit Chlorkalklösung und Kalkwasser, bis der entstehende Niederschlag seine Farbe nicht mehr verändert, worauf man abfiltrirt und zuerst mit verdünnter Salpetersäure, dann mit Wasser vollständig auswäscht und trocknet; diese Farbe dient auch der Oelmalerei.

4. Die Umbra, wasserhaltiges kieselsaures Eisenoxyd mit kieselsaurem Manganoxyd und etwas Thonerde, ist derb mit flachmuschligem Bruch, mild, lederbraun bis kastanienbraun, fühlt sich mager an und klebt an der Zunge. Man benutzt die Umbra als sehr haltbare Oel- und Wasserfarbe, die aber nicht stark deckt. Durch Brennen wird sie röthlich lebhafter und wärmer gefärbt. Die beste Umbra kommt aus Zypern.

5. Berlinerbraun (Preussischbraun) sehr schönes äusserst beständiges und gut deckendes Braun, wird durch Glühen von Berlinerblau an der Luft dargestellt, besteht aus Eisenoxyd und Kohlenstoffeisen, wird aber im Grossen nur selten dargestellt, weil man es nicht leicht von gleichen Nüancen darstellen kann. Im Kleinen erhält man es durch Glühen von Pariserblau in einem eisernen Löffel, wo dasselbe leicht verglimmt; der Rückstand wird fein zerrieben. Es ist als Wasser-, Oel- und Kalkfarbe sehr brauchbar.

6. Kölnerbraun (kölnische Erde, kölnische Umbra, Spanischbraun, Kasselbraun) ist eine braunkohlenartige Masse, die bei Kassel und Köln gegraben wird und roh oder geschlämmt in Würfeln oder Tafeln geformt in den Handel kommt. Die Farbe ist tiefbraun, zuweilen mit einem Stich ins Röthliche; Deckkraft und Haltbarkeit sind gering. Das Kölnerbraun besteht aus humusartigen und harzigen bituminösen Stoffen, die beim Verbrennen nahezu 6 pCt. Asche hinterlassen. In Kalilauge löst es sich fast gänzlich zu einer dunkelbraunen Flüssigkeit auf, in welcher Schwefelsäure einen zarten Niederschlag erzeugt. Die ammoniakalische Lösung des Kölnerbraun ist ein schönes Saftbraun. Dieses Pigment dient als Wasser-, Oel- und Kalkfarbe.

7. Asphalt. Zum Malen und Anstreichen ist derjenige Asphalt zu wählen, welcher fest, brüchig, auf der Oberfläche glatt, glänzend ist, einen muschligen Bruch hat und beinahe kohlschwarz ist. Man benutzt ihn für die Wassermalerei, indem man ihn mit Weingeist abreibt. Für die Oel-

malerei aber hat man, um ihn haltbar zu machen, angerathen ihn in Brodteig einzuschlagen und mit demselben auszubacken. Am besten ist es, ihn mit Weingeist zu behandeln, man löst ihn in Alkohol auf und schlägt mit Wasser nieder. Im natürlichen Zustande ohne Zubereitung enthält er ein brenzliches Oel, verliert hierdurch seinen angenehmen bräunlichen Ton und wird schmutzig grau; dies schädliche Oel wird durch Weingeistauflösung unschädlich gemacht. Asphalt wird nie mit Weiss vermischt und dient stets als Lasurfarbe, entweder allein oder mit anderen Lasurfarben zum Moderiren, Brechen und Erwärmen der Farben, zu Hintergründen, Draperien und warmen Schatten.

g. Schwarze Farben.

1. Tusche (chinesische) wird aus Fichtenruss und Leim bereitet; die feinste Tusche gewinnt man aus dem Russ von gewöhnlichem Oel, das zu diesem Zweck in einem irdenen Gefäss langsam verbrannt wird, während man den Russ in einer Röhre auffängt. Der Teig muss gut gestampft werden und wird schliesslich in geschnitzte Formen gepresst und getrocknet. Moschus oder andere Wohlgerüche werden in den Leim gemischt und letzterer muss von vorzüglicher Güte sein. Die gute Tusche glänzt, auf Papier aufgetragen, mit zimmtfarbenem Schimmer, ist der Glanz völlig schwarz, so hat sie geringere Güte, ist er bläulich noch weniger, während die schlechten Sorten ohne allen Glanz sind.

2. Russ ist feinzertheilter Kohlenstoff, welcher sich bei unvollkommener Verbrennung aus einer Flamme abscheidet. In jedem Schornstein setzt sich Russ ab und unterscheidet man Glanzruss und Staub- oder Flatterruss. Harze, Fette, also auch harzreiches Holz setzen einen Russ ab, der nur wenig Theerbestandtheile enthält und Kienruss genannt wird. Dieser wird wegen seiner Ausgiebigkeit als Farbstoff zum Buch-, Stein- und Kupferdruck, zu Schuhwichse etc. benutzt und im Grossen dargestellt, geschweelt. Man verbrennt zu diesem Zweck harzreiches Holz in einem Ofen bei schwachem Luftzutritt und leitet die Verbrennungsprodukte durch einen langen Kanal in die geräumige Russkammer. Diese ist mit einer Haube von wollenem Gewebe bedeckt und in letzterer sammelt sich der feinste Russ; derselbe enthält stets auch Brandharze und muss, soll er mit Wasser angerieben werden, zuvor mit Spiritus angefeuchtet werden; die Brandharze sind aber nicht völlig in Weingeist löslich und müssen daher in verschlossenen Gefässen geglüht werden. Den feinsten Russ erhält man aus Terpentinöl, Harzgasöl etc., wenn man diese in einer Lampe brennt und kalte Metallplatten über die Flamme hält.

3. Beinschwarz; eine schwarze, kohlenartige Masse, welche beim Glühen der gemahlenen Knochen in geschlossenen Gefässen zurückbleibt. Die Knochenkohle besitzt die Eigenschaft Farbstoffe aus Flüssigkeiten zu

absorbiren und vegetabilisch oder animalisch gefärbte Lösungen farblos zu machen, dann aber wird sie auch als Farbstoff gebraucht; in letzterem Falle wird das Beinschwarz meistens aus Hammelsknochen, aber zur Oelmalerei aus Elfenbein bereitet. Auch aus Blut stellt man eine Druckerschwärze für den Kupferdruck her, welche sich durch ihr reines Schwarz, das weder in Braun noch in Blau spielt, auszeichnet.

4. Frankfurter-Schwarz (Drusenschwarz, Kupferdruckerschwarz wird durch Verkohlung von Weinreben und der in den Fässern zu Boden gesunkenen Weinhefe bereitet; soll es einen bräunlichen Ton erhalten, so mengt man die genannten Stoffe vor der Verkohlung mit Knochen. Um das Frankfurter-Schwarz von dem aus dem Weinstein stammenden kohlensauren Kali zu befreien, muss es nach dem Glühen ausgewaschen werden, doch kann man den Weinstein auch nach dem Verkohlen entfernen, wenn man das Rohmaterial mit Wasser auskocht. Als Druckerfarbe wird Frankfurter-Schwarz mit Leinölfirniss angerieben, auch leistet es in der Wasser- und Oelmalerei die besten Dienste; auf Kalkgrund und mit Kalk vermengt hat es jedoch besonders im Freien keine lange Dauer.

5. Graphit wird gewöhnlich als Ofenschwärze gebraucht kann aber durch sorgfältiges Schlämmen und Reiben mit Weingeist zur Malerfarbe hergerichtet werden und steht dann gut auf Kalkunterlagen. In Oel angerieben giebt Graphit eine der besten und dauerhaftesten Anstriche auf Eisen; die neu erfundene Diamantfarbe besteht gröstentheils aus sehr gereinigtem Graphit und wird als vorzüglicher Anstrich auf Metall empfohlen; sie wird mit Leinölfirniss angemacht.

6. Theerschwarz (Kohlenschwarz, Steinkohlenschwarz) erhält man durch Erhitzen eines Teiges von 100 Kilogr. Kalkhydrat, 80 Kilogr. Steinkohlentheer und 9 Kilogr. Alaun in geschlossenen Gefässen; auch verbrennt man, um eine schwarze Anstrichfarbe zu erhalten, Steinkohlentheer bei unzureichendem Luftzutritt, es scheidet sich dabei viel Kohlenstoff ab, der sich als Russ in Kammern sammelt und zu Buchdruckerschwärze verarbeitet wird.

7. Mineralschwarz (schwarze Kreide) ist eine sehr feinerdige innig mit Kohle gemengte weiche Thonschiefermasse, die abfärbt und den Zeichenschiefer oder die schwarze Kreide liefert. Man verwendet das Mineralschwarz auch in der Oelmalerei und steht es auch sehr gut auf Kalkwänden, da es sich jedoch nur schwer und umständlich fein zerreiben lässt, wird es selten im Grossen dargestellt.

Zum Schwarzfärben für Holz und Eisen dient auch das Schwefelblei, und stellt man eine solche Anstrichfarbe nach Glasenapp dar: 100 Th. Leinölfirniss (unter Anwendung von Bleipräparaten bereitet) werden bis zur Dampfbildung erhitzt; dann setzt man nach und nach 15 Th. Bleiglätte oder Mennige zu und wartet unter Umrühren und fortgesetztem Kochen die vollständige Lösung ab. Hierauf folgt die Zugabe von 1,5 Th. Schwefel-

blumen; unter fleissigem Umrühren bildet sich dann nach ungefährem Verlauf einer Stunde in der erhitzten Flüssigkeit Schwefelblei. Die entstandene Anstrichfarbe wird nach dem Abkühlen mit Terpentinöl auf den entsprechenden Grad der Flüssigkeit gebracht[1]).

8. Hat hier wohl noch die Schreibtinte Platz zu finden, die im wesentlichen aus gallussaurem Eisenoxydul und Oxyd besteht, das durch arabischen Gummi in der Flüssigkeit suspendirt erhalten wird. Zur Herstellung einer guten schwarzen Tinte zieht man 1 Kilogr. gestossene Galläpfel und 150 Gr. Blauholz mit 5 Liter heissem Wasser aus, löst 600 Gr. arabischen Gummi in $2^1/_2$ Liter Wasser und 500 Gr. Eisenvitriol für sich in einigen Litern Wasser; hierauf giesst man den Galläpfel- und Blauholzauszug mit der Lösung des Gummi und des Eisenvitriols zusammen, setzt einige Tropfen Nelken- und Gaultheriaöl und so viel Wasser hinzu, dass die Gesammtmenge der Flüssigkeit 11 Liter beträgt. Da jedoch die Eisentinte die Stahlfedern sehr angreift, andererseits aber auch dieselbe mit der Zeit gelb wird, so stellt man die Tinte lieber her aus 1000 Th. Blauholzabkochung (1 Th. Holz auf 8 Th. Wasser) und 1 Th. gelben Kaliumchromat, zu welcher man etwas Quecksilberchlorid setzt. Diese Tinte empfiehlt sich durch Wohlfeilheit, Schönheit und Dauerhaftigkeit. Zur Herstellung der sogenannten Alizarintinte verwendet man eine Lösung aus 42 Th. Galläpfel und 3 Th. Krapp und 75 Th. Wasser; hierzu setzt man 1,2 Th. schwefelsaure Indigolösung, 5,2 Th. Eisenvitriol und 2 Th. holzessigsaure Eisenlösung. In Frankreich benutzt man vielfach als Tinte eine Abkochung von 570 Gr. Blauholz, 35 Gr. Alaun, 31 Gr. arabischen Gummi mit 5—6 Litern Wasser; das Schimmeln der Tinte sucht man durch einen Zusatz von etwas Chininsulfat zu verhüten.

h. Violette Farben

besitzen wir nur in geringer Menge, z. B. das Anilinviolett, und wird Violett meist aus Mischungen von blauen und rothen Farben erzielt.

Allgemeine Uebersicht über die Verwendung der verschiedenen Farbstoffe als Aquarell- oder Wasserfarben, Oelfarben, Kalk- und Frescofarben.

Zu Aquarellfarben verwendet man hauptsächlich: Kremserweiss, Gummigut, die gelben Ocker, Indischgelb, Terra de Sienna, Indigo, Berlinerblau, blauen und rothen Karmin, Krapplack, Zinnober, Scharlachlack, Saftgrün, Bister, Sepia, Vandyckbraun, Tusche.

Zu Oelfarben: Kremserweiss, Zinkweiss, lichten Ocker, Goldocker, dunklen und gebrannten Ocker, Neapelgelb, Terra de Sienna gebrannt und ungebrannt, Kadmiumgelb, Chromroth, Zinnober, Vermillon, Krapplack,

[1]) Dingler's Polyt. Journ. 1878 B. 227 S. 194.

Ultramarin, Kobalt, Mineralblau, grünen Zinnober, Umbra, Kasselerbraun, Vandyckbraun, Asphalt, Beinschwarz, Elfenbeinschwarz etc.

Zu Kalk- und Frescofarben: das reinste Kalkweiss (aus weissem Marmorstaub oder Eierschalen), Zinkweiss, Barytweiss, Neapelgelb, Kadmiumgelb, Ambergergelb, hellen Ocker, Goldocker, Dunkelocker (gebrannt und ungebrannt), gelben Bolus, Antimongelb, Barytgelb, Terra de Sienna, Chromorange, Eisenoxyd, Neapelroth, Englischroth, Ultramarin, Bergblau, Bremerblau, Smalte, Kobaltblau, veroneser Grün, Chromgrün, schweinfurter Grün, Kobaltgrün, Umbra, Kasselerbraun, kölnische Erde, Vandyckbraun, Marsbraun, Graphit, Beinschwarz, Mineralschwarz.

Firnisse

haben die Eigenschaft in dünnen Schichten aufgetragen an der Luft schnell zu trocknen und einen glänzenden, durchsichtigen, harten und dauerhaften Ueberzug auf den damit überzogenen Gegenständen zu bilden.

Der Zweck des Ueberziehens mit Firniss besteht darin, Gegenstände vor Einwirkung von Luft und Wasser zu schützen und ihnen eine glatte und glänzende Oberfläche zu geben. Man unterscheidet Oel- und Harzfirnisse, Lacke, Lackfirnisse.

Oelfirnisse werden aus gut trocknendem Oel, meist Leinöl, aber auch Nussöl und Mohnöl bereitet. Leinöl muss gut abgelegen oder gereinigt sein, wenn es einen guten Anstrich geben soll, durch einfaches Sieden mit Umbra, Ocker oder anderen Erden wird es schon von seinem überflüssigen Schleim befreit und bedeutend verbessert; wird aber das Kochen fortgesetzt und Bleiglätte oder Mennige, Bleiweiss, Zinkoxyd, Gyps dazu gesetzt, so entsteht Leinölfirniss, der schnell trocknet und entweder den angeriebenen Oelfarben beigemengt, oder auch wohl selbst zum Anstrich gebraucht wird. Weil aber die Oelfirnisse die Farben dunkel und gelblich machen, setzt man sie nicht gerne den hellen Farben zu, sondern versetzt diese mit Terpentinöl.

Zum Kochen von Leinölfirniss soll sich auch Manganoxydhydrat besonders gut eignen; um einen gut trocknenden Firniss herzustellen genügt 2 l. Oel mit 5 g. Manganoxydhydrat $^1/_2$ bis 1 Stunde zu kochen, bis das Oel anfängt braun zu werden; gewöhnliches Leinöl lässt sich dabei als Verdünnungsmittel anwenden[1]).

Die Oelfirnisse beruhen auf der Eigenschaft einer Reihe von fetten Oelen, in dünnen Schichten auf die Oberfläche von Gegenständen aufgetragen, zu einem festen elastischen für Wasser undurchdringlichen Ueberzug zu erhärten.

Stark eingekochter Oelfirniss, dem man etwas Mennige nebst Gyps

[1]) Polyt. Notizblatt 1879 S. 43.

und Bleiglätte beisetzt, heisst Siccativ. In Gläsern der Sonne ausgesetzt und von Zeit zu Zeit mit Wasser durchgerüttelt, kann man Lein- und Mohnöl ganz klar bleichen und aus diesen Oelen weisse Firnisse für helle Farben bereiten.

Zu den Harzfirnissen verwendet man hauptsächlich Mastix, Sandarak, Schellack, Elemi, Kopal, Bernstein, Dammar, Kolophonium und Fichtenharz, und löst sie entweder in Weingeist oder in Terpentin; die so entstehenden Lösungen werden in dünnen Schichten auf die Oberfläche der Gegenstände gebracht und erhärten zugleich mit der Verdunstung der flüchtigen Lösungssubstanzen.

Nicht gelb werdende weisse Anstriche werden nach Lüdendorff's Verfahren[1]) direkt aus Harzen hergestellt; hierbei werden 230 g. Sandarak und 65 g. venetianischer Terpentin mit 460 g. Weingeist von 90 pCt. Tralles (0,833 spec. Gew.) übergossen und unter fleissigem Umrühren bis zum Sieden erhitzt; ist Alles zergangen, was nach einer Stunde einzutreten pflegt, so ist der Firniss fertig und kann derselbe nach dem Erkalten sofort zur Bereitung der Farben gebraucht werden. Wählt man hierzu Bleiweiss, so wird dasselbe fein mit Wasser abgerieben, getrocknet um dann nochmals mit etwas Terpentinöl auf einem Reibsteine abgerieben zu werden. Jedem k. Bleiweiss wird dann $^1/_2$ k. Firniss zugesetzt und liefert dies eine Anstrichfarbe, die ungemein schnell trocknet; die getrocknete Farbe hat ein mattes Ansehn, wird aber nach völligem Austrocknen durch Reiben mit wollenen Tüchern glänzend. Zu dem sogenannten Harzfarbenanstrichen bedient man sich auch wohl einer Lösung von 265 g. zerstossenem Dammarharz in 530 g. Terpentinöl gelöst, indem beides unter fleissigem Umrühren bis auf 60—70° R. erwärmt wird.

Ein matter Firniss besteht aus 560 g. Aether, 240 g. Benzol, 40 g. Sandarak, 10 g. Kanadabalsam; hierbei wird zuerst das Harz in Aether gelöst und dann Benzol zugesetzt.

Der Name Lack oder Lackfirniss ist von der Auflösung des Schellacks, des gebräuchlichsten, auf alle Harzfirnisse übertragen.

Ein guter Firniss muss gut aufsitzen, nicht abspringen und rissig werden, die unterliegende, oder damit gemengte Farbe nicht ändern und eines grossen dauerhaften Glanzes fähig sein. Da man theils die Harze in Weingeist oder in Terpentin löst, unterscheidet man weiter: Weingeistfirniss und Terpentinfirniss.

Zu Weingeistfirniss nimmt man ganz starken mindestens 92 prozentigen Weingeist; die Auflösung des Harzes wird durch Vermischen desselben mit grobem Glaspulver sehr gefördert, indem dadurch das Harz weniger zusammenbacken kann und dem Lösungsmittel mehr Berührungspunkte mit dem Harze geboten werden. Diese Firnisse sind die glän-

[1]) Polyt. Centralblatt 1875 S. 565.

zendsten aber zugleich auch die sprödesten. Letzteres wird durch einen Zusatz von Terpentin vermindert. Werden die Harze und namentlich auch Asphalt durch Terpentin gelöst, so entstehen die Terpentinfirnisse, welche geschmeidiger sind, da das Terpentin selbst zu einem geschmeidigen Harze eintrocknet.

Als Ersatz für die Firnisse werden von F. Thies in Bissendorf 100 Th. Kolophonium und 20 Th. krystallisirte Soda mit 50 Th. Wasser geschmolzen; dann fügt man noch 250 Th. Wasser und 25 Th. Ammoniakflüssigkeit hinzu. Die Masse soll mit Vortheil statt Leinölfirniss zur Herstellung von Anstrichfarben verwendet werden.

Um gefärbte Lackfirnisse zu erhalten, die man benutzt um feinere Gegenstände von Messing, Tombak gegen Anlaufen zu schützen und ihnen eine goldähnliche Farbe zu geben, bereitet man getrennte weingeisthaltige Auszüge von Gummigutt und Drachenblut, oder aus Fuchsin, Pikrinsäure, Martiusgelb oder Korallin etc. und setzt diese einem Lackfirnisse bei, der aus 2 Th. Körnerlack, 4 Th. Sandarak, 4 Th. Elemiharz und 40 Th. Weingeist erhalten worden ist, bis die gewünschte Farbennüance erreicht ist.

Firnisse für Metallwaaren, wie z. B. schöne Goldlackfirnisse werden bereitet aus 12 Th. Körnerlack, 4 Th. gelben Bernstein, 4 Th. Gummigutt, $^1/_3$ Th. Sandelholz, $^1/_8$ Th. Safran, $^1/_4$ Th. Drachenblut, alles wird gepulvert mit 12 Th. Glaspulver vermengt, in 80 Th. Weingeist von 90 pCt. in gelinder Wärme gelöst und dann filtrirt. Oder es werden 2 Th. Mastix, 1 Th. Gummigutt und 2 Th. Körnerlack in 14 Th. Weingeist zu 90 pCt. gelöst; oder 2 Th. Schellack, 2 Th. Körnerlack, 2 Th. Orleans, 6 Th. Guttapercha, 1 Th. Safran in 15 Th. Weingeist.

Ein äusserst schöner Goldlack für Metallwaaren wird hergestellt, indem man eine helle Schellacklösung mit Pikrinsäure und $3^1/_2$ pCt. Borsäure, beide für sich vorher in Alkohl gelöst, vermischt.

Grüner Terpentinölfirniss lässt sich leicht darstellen, indem Sandarak oder Mastix in konzentrirter Kalilauge gelöst wird und dann die mit Wasser verdünnte Lösung durch Kupferacetat niederschlägt; der Niederschlag wird getrocknet und in Terpentinöl gelöst.

Anstatt der seither gebräuchlichen Firnisse und Lacke hat man in neuerer Zeit angefangen Auflösungen von Schiessbaumwolle in weingeisthaltigem Aether (Collodium) und Wasserglaslösungen zur Erzeugung glasähnlicher glänzender Ueberzüge anzuwenden. Auch eine Lösung von Schellack in Ammoniak ist als eine firnissähnliche Flüssigkeit, namentlich zu wasserdichten Anstrichen zu gebrauchen.

Um Zinkgegenständen einen farbigen Ueberzug zu geben, scheuert man dieselben mit Quarzsand blank, befeuchtet sie mit Salzsäure, bringt sie schnell ins Wasser und trocknet sie vorsichtig mit Löschpapier ab. Dann taucht man die Gegenstände in eine Mischung von 3 Th.

Weingeist mit kaustischer Natronlauge (48 Th. Wasser und 4 Th. Aetznatron); die Zeit des Eintauchens hat auf die Farbennüance Einfluss[1]).

Ein wasserdichter Metallanstrich wird in folgender Weise erhalten: 1,5 k. venetianischer Terpentin und 0,5 k. Mastix werden in erwärmten Terpentin gelöst; die Lösung wird dann zu 44 k. Leinölfirniss hinzugesetzt und das Ganze auf dem Wasserbade so lange erwärmt, bis der Geruch nach Terpentinöl verschwunden ist. Mit 57,5 k. werden 10 k. scharf gebrannter, fein gemahlener Thon, 40 k. bester Portlandcement, 5 k. Zinkweiss und 2,5 k. Minium angerieben. Nachdem das Ganze innig vermischt ist, werden noch 12,5 k. Terpentinöl zugesetzt[2]).

Als unübertroffen wird der Japanische Lack betrachtet und war dessen Zusammensetzung bisher unbekannt; erst Missionäre und besonders der Pater d'Jncarville haben uns belehrt, dass diese kostbare Flüssigkeit die den Holzarten und anderem Material solchen Glanz und solches Ansehen giebt, nichts anderes ist, als eine Harzart von röthlicher Farbe, die man durch Einschnitte in Bäume erhält, welche in mehreren Provinzen China's und Japan's heimisch sind. Die erste Behandlung, welche das Harz aus dem Baume Ti-chou nach der Gewinnung erfährt, ist die Reinigung desselben von fremden Theilchen, welche es enthält. Zu diesem Zwecke genügt es, das Harz der Sonne auszusetzen und während, zwei oder drei Stunden mit einem Holzspachtel umzurühren; durch ein solches Aussetzen an der Luft erlangt der Lack eine schöne Durchsichtigkeit. Um die in der chinesischen Industrie berühmt gewordenen verschiedenen Lack-Arten zu erhalten, werden dem erhaltenen Lack andere Ingredienzien beigesetzt. Um den schönen Glanzlack (Kuoang-thi) zu erhalten, mischt man dem Ti-chou-Harz Schweinegalle und römischen Vitriol, in wenig Wasser gelöst zu. Den schönen schwarzen japanischen Lack erhält man durch Zusatz von pulverisirter Hirschknochenkohle oder Elfenbeinschwarz mit Siccativöl; der weisse Lack wird durch Beimischen von gemahlenem und geknetetem Blattsilber zu dem gewöhnlichen Lack hergestellt. Der mineralische Zinnober oder die Safflorblume, dem Lack zugesetzt, machen ihn roth; Auripigment allein giebt gelben Lack, vermischt mit Indigo, grünen Lack; zu dem violetten Lack verwendet man einen fein gepulverten Stein Te-che genannt.

Die Anwendung des Lack's verlangt die allergrösste Sorgfalt, und wird nur auf ganz geebnete Flächen, die vorher mit dem Oel des Tongchou-Baumes bestrichen sind, aufgetragen; bei farbigen Arbeiten werden die Lacküberzüge sehr oft wiederholt, bis die Oberfläche glatt und glänzend wie ein Spiegel wird; auf diesen glänzenden Grund wird dann die Malerei, Versilberung und Vergoldung gebracht, die dann schliesslich ihren Halt

[1]) Der Maschinenbauer 1880 S. 48.

[2]) Deutsche allg. polyt. Zeitung 1879 S. 501.

durch einen letzten leichten Lacküberzug erhalten. Mit der grössten Vorsicht wird während der Arbeit darauf geachtet, dass irgend auch der feinste Staub die Arbeit nicht verderbe, auch ist es eine Bedingung, von der das Gelingen aller Lackarbeiten abhängt, dass dieselben an einem mehr feuchten als trockenen Orte erhärten und wird in den Trockenräumen mit der präzisesten Sorgfalt die Temperatur beobachtet, um dieselben auf die richtigen Grade zu erhalten.

Die Japanischen Lackarbeiten übertreffen die chinesischen, und wird behauptet, dass die Anwendung des Lack's eine milde Luft, frisch, feucht und hell verlange; die Luft China's aber sei selten temperirt und beinahe immer heiss oder kalt oder mit Staub oder salzigen Bestandtheilen geschwängert. Deshalb haben die chinesischen Lackarbeiten nicht den Glanz der japanischen; Japan, welches vom Meere umgeben ist, hat eine besonders geeignete Luft für das Trocknen des Lackes, ohne dass derselbe dabei runzelig wird oder an Glanz verliert.

Für manche Zwecke werden auch Kautschuk- und Guttaperchafirnisse dargestellt. Früher wurden auch, ausser den genannten Harzen, noch zahlreiche andere als Benzoë, Anican, Guajak, Ladanum, Storax etc. angewandt, die Verwendung derselben beschränkt sich jedoch jetzt nur auf wenige Fälle, und bestrebt man sich, die Firnisse in ihren früher komplizirten Zusammensetzungen sehr zu vereinfachen.

Zur Herstellung von Kautschuklackfirniss übergiesst man 500 g. fein zerschnittenes Kautschuk mit 1 k. Kamphin und 125 g. frisch über gebrannten Kalk, rektifizirtem Steinöl; lässt dies 6—7 Tage lang stehen, erwärmt dann unter Umrühren, bis sich das Kautschuk ganz gelöst hat, und versetzt es allmälig mit 250 g. fettem, siedend heissem Kopalfirniss. Bringt man 250 g. ganz fein zerschnittenes Kautschuk in 500 g. geschmolzenes Kolophonium, rührt die Masse bis zum Erkalten, erhitzt sie dann von neuem und vermischt sie mit 500 g. heissem Leinölfirniss, so erhält man einen sehr biegsamen Firniss.

Erwärmt man 4 Th. fein zerschnittenes Kautschuk mit 1 Th. Leinöl, so erhält man einen Firniss zum Wasserdichtmachen von Geweben. Kautschuklösung zum Vermischen mit Oelfarben erhält man durch Auflösen von 1 Kilogr. Kautschuk in 10 Zentner Steinöl und Filtriren. Auf 1 Kilogr. fertige Oelfarbe nimmt man 12 Gramm dieser Lösung wodurch die Farben undurchdringlich und glänzend werden und sich nicht abschuppen.

Um Kautschuklösung herzustellen, wird auch wohl das Rohkautschuk eine Stunde lang gekocht um die anhängenden Verunreinigungen zu entfernen, dann unter Wasser in Stücke von etwa 1 cm. Dicke zerschnitten. Diese Stücke werden stark zwischen Walzen gepresst und die so erhaltenen Streifen in einem warmen Raume getrocknet. Dann wird das Kautschuk in feine Stücke zerrissen und 26 Gewichtsth. davon wieder in einer Mischung

von 25 Th. Benzol und 70 Th. rektifizirtem Terpentinöl aufgelöst, indem man durch eine Vorrichtung alle Kautschukklumpen wohl zerquetscht und für die Gleichförmigkeit der Lösung Sorge trägt.

Guttapercha-Firniss. Man kann die Guttapercha mit Leinöl in jedem Verhältniss zusammenschmelzen und erhält dadurch Mischungen von verschiedener Konsistenz; nimmt man auf 1 Th. Guttapercha 10 Th. Leinöl, so erhält man eine gleichförmige Auflösung, die sich zum Ueberziehen von Geweben, also zum Wasserdichtmachen vortrefflich eignet. Einen Firniss zum Ueberziehen von Guttapercha-Fabrikaten stellt man aus Terpentinöl oder Steinkohlentheer dar, indem man 5 k. Oel mit 200 bis 250 g. Guttapercha destillirt.

Bernsteinfirniss wird gewonnen, indem 3,5 k. Bernstein mit 7 k. Steinsalz und so viel Wasser, wie zu dessen Lösung nöthig ist, in einem irdenen Schmelztiegel gemischt werden; hierauf wird unter Zusatz von mehr Wasser die Masse gekocht bis der Bernstein „gebleicht“ d. h ganz weiss geworden ist. Dann wird der gebleichte Bernstein in einem eisernen Gefässe geschmolzen und nach seiner Abkühlung in Wasser gebracht, um das Salz wieder zu entfernen. Der wiederholt geschmolzene und gebleichte Bernstein wird dann gepulvert und über dem Feuer mit Nussöl angerührt, nach gehöriger Abkühlung setzt man soviel Terpentin hinzu dass der Firniss die gehörige Konsistenz erhält. Das passendste Gemenge besteht aus 1 Gewichtsth. gebleichtem Bernstein, 1 Th. Nussöl, 2 Th. Terpentinöl[1]).

Zu Oelanstrichen werden am häufigsten Kopal- und Dammarlacke verwendet, Bernsteinlack zeichnet sich durch besondere Dauer aus und wird viel von Wagenlackirern gebraucht. Schellack dient als Tischlerpolitur und die Asphaltfirnisse als holzschützende Anstriche. Sandarak, Mastix, Kolophonium lösen sich in Terpentinöl bei mässiger Erwärmung vollständig auf, Schellack in Weingeist, Dammar in einer Mengung von Terpentin und Weingeist, Kopal in Aether oder einer Mischung von Lavendelöl, Terpentinöl und Kampfer. Bernsteinfirniss wird bereitet, indem man gepulverten Bernstein mit gutem Leinölfirniss zu einem dicken Brei anreibt, diese Masse mit genügendem Oelfirniss verdünnt und einige Minuten lang kochen lässt. Nach dem Erkalten wird der gewonnene Firniss durch Leinwand geseiet und in Flaschen abgezogen. Während des Kochens wird etwas Terpentinöl zugesetzt, um den Firniss flüssiger zu machen.

Theer ist das Produkt der trockenen Destillation verschiedener Körper, namentlich von Holz, Torf, Braunkohlen, Steinkohlen, bituminösem Schiefer; es verdichtet sich als braune und schwarze Flüssigkeit von empyreumatischem Geruch neben einer wässerigen, sauren oder alkalischen Flüssigkeit in den Kondensationsapparaten und wird meist bei der Kohlen- und Gasbe-

---

[1]) Der Maschinenbauer 1879 S. 191.

reitung als Nebenprodukt gewonnen und nur aus Braunkohlen oder bituminösen Schiefer als Hauptprodukt dargestellt.

Früher hatte nur der Holztheer einigen Werth und benutzte man ihn zu konservirenden Anstrichen auf Holz und Eisen, zum Kalfatern, zum Theeren der Taue etc.

Der Steinkohlentheer dient ebenfalls zu Anstrichen, zur Bereitung der Dachpappe, zur Herstellung von Pech, das als Surrogat des Asphalts dient, häufig aber fällt er namentlich den Gasanstalten sehr lästig. Jetzt, nachdem man die Bestandtheile des Theers und ihre Verwendbarkeit kennen gelernt hat, ist der Theer sehr im Preise gestiegen und bildet das Rohmaterial für sehr bedeutende Industriezweige.

Holztheer wird als Nebenprodukt bei der Meilerverkohlung gewonnen, ausgiebiger ist die Gewinnung bei der Theerschweelerei; er ist braun bis schwarz, etwas schwerer wie Wasser, riecht durchdringend, schmeckt widrig scharf und bitter, lässt sich leicht entzünden und brennt mit hellleuchtender russender Flamme, er löst sich in Alkohol, Aether, ätherischen Oelen und Theerölen und giebt an Wasser Essigsäure und brenzliche Stoffe ab, wobei Theerwasser entsteht.

Der Holztheer enthält sehr viele Körper, die freilich noch lange nicht alle erforscht sind; bis jetzt wurden nachgewiesen Benzol, Toluol, Xylol, Kumol, Retinyl, Zymol, ferner Phenylalkohol und Kresylalkohol (Kreosot), dann Methol, Merityloxyd, Mesit, Eupion, Kapnomor, Pittakal, Pikamar, Zedriret, sowie Naphthalin, Paranaphthalin, Paraffin, Chrysen, Pyren, Reten.

Durch seinen Kreosotgehalt wirkt der Holztheer fäulnisswidrig und eignet sich daher sehr gut zu Anstrichen auf Holz; zur weiteren Verwerthung wird der Holztheer destillirt und liefert das Pech; die hierbei erhaltenen leichten Theeröle gleichen den aus Steinkohlentheer gewonnenen, enthalten aber wenig Benzin; die schweren Theeröle dienen zur Russbereitung; das später übergehende Kreosot wird besonders aufgefangen und scheidet sich schliesslich aus den letzten Destillationsprodukten des Paraffin, ebenso wie aus dem Steinkohlentheer ab.

Steinkohlentheer liefert die trockene Destillation der Steinkohle behufs der Gas- und Kokserzeugung und ist ein Gemisch von flüssigen und festen Kohlenwasserstoffen (Benzol, Toluol, Kumol, Zymol, Anthracen, Naphthalin) mit Säuren (Phenylsäure oder Phenol, Kresylsäure oder Kresol, Phlocylsäure oder Phlocol, Rosolsäure), Basen (Anilin, Chimolin, Odorin oder Pikolin, Toluidin, Koridin etc.) und Asphalt bildenden Bestandtheilen in wechselnden Verhältnissen. Die Menge und die Beschaffenheit des Kohlentheers ist abhängig von der Art der Kohle und von der Stärke der Erhitzung. Der Theer wirkt in folge seines Gehaltes an Karbolsäure in hohem Grade fäulnisswidrig, und man verwendet ihn deshalb zu Anstrichen von Eisen, von Mauerwerk und von Holz. Zur Bereitung von Theerpappe

wird viel Theer verbraucht, ebenso zur Herstellung von Briquetten (Ziegel aus Koks oder Kohlenklein und Theer).

Gute Dienste leistet Steinkohlentheer zur Konservirung älterer Bauten, die schon theilweise verwittert sind und bei denen eine Imprägnation mit Kaliwasserglas ohne Erfolg geblieben ist; in solchem Fall hat man den Bewurf zu entfernen, die Fugen tief auszukratzen, dann werden die vor weiterer Verwitterung zu schützenden Mauertheile erhitzt und mit möglichst heissem Steinkohlentheer bestrichen. Nach dem Erkalten kann man die getheerte Mauer wieder mit einem Mörtelbewurf überziehen und denselben durch Wasserglas verkieseln.

Dachziegel, die sauren Dämpfen ausgesetzt sind, kocht man in Steinkohlentheer, und werden auch Schornsteine, in denen dergleichen Dämpfe aufsteigen, innen mit heissem Theer überzogen; auch zum Schwarzfärben poröser Thonplatten wird er angewendet.

Ferner stellt man wohl künstliche Steine mit Hülfe von eingedicktem Theer her und eignet sich hier u. A. sehr gut das vom Rösten der Kiese herrührende Eisenoxyd, das mit $1/4$ Theer vermischt wird.

Gyps in ein Bad geschmolzenen Theers von 300—400° C. gebracht, verliert sein Hydratwasser unter Substitution von Theer und widersteht dann vollständig der Witterung.

Durch einen vorsichtig betriebenen Destillationsprozess lässt sich der Steinkohlentheer zerlegen in leichtes und schweres Theeröl und in künstlichen Asphalt.

Aus den leichten Theerölen gewinnt man durch weitere Behandlung das Benzol oder Benzin des Handels, das in Nitrobenzol übergeführt, den Ausgangspunkt zur Darstellung vieler Theerfarben bildet. Das käufliche Benzin, auch Naphta genannt, wird in der Technik statt des Terpentinöls als Lösungsmittel von Harzen, Fetten, Kautschuk, Guttapercha und als Schmiermittel angewendet; als weiteres Nebenprodukt bei der Destillation der rohen leichten Theeröle lässt sich auch Naphthalin gewinnen und findet dieses Anwendung zur Herstellung von rothen violetten, blauen und gelben Farbstoffen, den Naphthalinfarben.

Aus den schweren Theerölen erzeugt man die Phenole oder das Steinkohlenkreosot ein Gemenge von Karbol- oder Phenylsäure, Kresylsäure und Phlorylsäure; dies dient weiter zur Darstellung von Phenylsäure oder des Phenols und der Pikrinsäure, ferner zur Herstellung von Farben und zum Konserviren von Holz und anatomischen Präparaten.

Der künstliche Asphalt, deutscher Asphalt oder auch Theerpech genannt, wird in der Firniss- und Lackfabrikation benutzt, ausserdem zur Herstellung von Isolirschichten auf Gewölben und in Kloaken, dann zum Asphaltiren von Fussböden und Strassen. (Siehe Seite 405.)

Das Theerpech und die schweren Theeröle werden auch zur Herstellung von Russ verwendet. (Siehe Seite 475.)

Eine grosse Rolle spielt endlich in neuer Zeit die Darstellung und Fabrikation des zur Alizarinbildung dienenden Anthracens, das ebenfalls ein Produkt des Kohlentheers ist.

So hat ein Material, das noch vor etwa 20 Jahren eine Quelle von Inkonvenienzen für alle Gasfabriken und deren Adjazenten war, in neuester Zeit eine wohl nie geahnte Bedeutung angenommen, indem es eine neue mächtige Industrie, die Theerindustrie, hervorgerufen hat!

Birkenholztheer dient zur Bereitung des Juchtenleders.

Braunkohlen liefern, wenn die Textur ihrer Pflanzentheile verschwunden ist, wenn sie leicht zerreiblich sind und trocken eine helle Farbe besitzen, die reichste Ausbeute an Paraffin und anderen brauchbaren Oelen (Photogen und Solaröl).

Schwefeltheer nennt man eine durch Zusammenschmelzen bewirkte Komposition aus 2 Th. Schwefel und 3 Th. syrupdicken Steinkohlentheer zum Anstreichen von Holz, Eisen und Stein.

Kautschuk.

Kautschuk, Federharz, Gummi ist der eingetrocknete Milchsaft mehrerer Pflanzen aus der Familie der Euphorbiaceen, der Apocineen und der Artocapeen; besonders kautschukreich sind: Siphonia elastica in Südamerika; Urceola elastica auf Borneo und Sumatra, und Vahea gummifera auf Madagaskar, Hancornia speciosa in Brasilien; Castilloa elastica in Mexiko, Cecropia peltata in Südafrika. Aber auch unter den Feigenbäumen (Ficus) giebt es kautschukreiche Arten, so kommt in Ostindien Ficus elastica in ganz enormen Mengen vor, und man schätzt deren Zahl in der Provinz Assam allein auf 43 240 Stämme, hin und wieder messen dieselben 30 m. Höhe, 22 m. im Umfange. Amerika und Ostindien lieferten bisher das meiste Kautschuk, aber auch in Afrika fängt man an, dasselbe zu gewinnen; als das geschätzteste betrachtet man das brasilianische oder Parakautschuk.

Der Milchsaft tritt bei Verletzung mittelst einer Hacke aus den Bäumen als eine trübe milchähnliche Flüssigkeit heraus, welche wie die thierische Milch die Butter, das Kautschuk, sehr fein zertheilt, in Form kleiner Tröpfchen enthält, die bei längerem ruhigen Stehen sich auf der Oberfläche als rahmartige Substanz ausscheiden.

Der gewonnene Saft wird dann meistens auf Thonformen, Kugeln, Flaschen, Schuhen etc. gestrichen, über rauchendem Flammenfeuer getrocknet, dann ein neuer Ueberzug gegeben u. s. w. bis die Schichte eine Dicke von 1½—6 cm. erreicht. Die Thonform wird dann durch Zerschlagen oder Einweichen in Wasser entfernt; auch hölzerne Formen verwendet man, die man mit dem Kautschuksafte überzieht und dann die

Form durch Aufschneiden des Kautschuküberzuges entfernt. In San Salvador versetzt man den rohen Saft mit Wasser, lässt ihn 24 Stunden lang stehen, wobei sich das Kautschuk in der oberen Schicht ausscheidet, das unten stehende Wasser wird dann abgelassen, und reines Wasser wiederholt zugegeben, bis das anfangs bräunlich-schmutzige Wasser rein abläuft. Das rohe Kautschuk wird dann mit Wasser, in dem etwas Alaun gelöst ist, behandelt und scheidet sich hierdurch das reine Kautschuk vollständig aus, das man dann durchknetet und austrocknet.

Das Parakautschuk kommt in kugeligen Flaschen, in runden Scheiben, dann in dicken quadratischen Tafeln, als Speckgummi in den Handel und ist aussen fast schwarz, innen heller bis weiss; das Kautschuk von Karthagena bildet meist Klumpen oft über einen Zentner schwer und ist auf dem Querschnitt schwarz; das ostindische Kautschuk kommt in unregelmässigen Blöcken vor, die ein Konglomerat dunkler und heller zusammengekneteter Stücke sind und oft fremde Körper einschliessen.

Das Kautschuk unterscheidet sich von der Guttapercha durch den völligen Mangel einer Struktur, es kann nach allen Seiten gleichmässig ausgedehnt werden; unter dem Mikroskop zeigen dünne Kautschukblättchen viele Poren, welche sich durch die Kapillarität auf Flüssigkeiten, die auch Kautschuk nicht lösen, ausdehnen, so dass z. B. trockenes Kautschuk 18,7—26,4 pCt. Wasser absorbiren kann, wobei es sich um 5—15,7 pCt. seines Volumens ausdehnt. Das Kautschuk ist geruch- und geschmacklos, ein schlechter Leiter der Wärme, aber ein guter Leiter des Schalles, es wird beim Reiben negativ elektrisch. Das Kautschuk leitet die Elektricität schlecht, mit der Zunahme des Drucks nimmt der Leitungswiderstand ab, während er unter den gleichen Verhältnissen bei der Guttapercha wächst. Bei submarinen Telegraphenkabeln wird daher die Guttapercha besser, das Kautschuk schlechter isoliren, als auf dem Lande.

Das spec. Gewicht des Kautschuks liegt zwischen 0,925—0,962.

Die vorzüglichste Eigenschaft des Kautschuks ist seine Elasticität, es kann um das Sieben- bis Achtfache seiner Länge ausgedehnt werden und nimmt, wenn die ausdehnende Kraft nachlässt, seine ursprüngliche Gestalt wieder an; dagegen verliert es seine Elasticität, wenn man es in ausgedehntem Zustande 14 Tage bis 3 Wochen erhält oder in kaltes Wasser taucht, es wird aber von neuem elastisch, wenn man es in Wasser von 56—58° C. legt. Bei sehr niedriger Temperatur ist das Kautschuk hart aber nicht spröde. In kaltem Wasser ist es vollständig unlöslich, mit Wasser gekocht wird es klebrig, saugt sehr viel davon auf, quillt stark und ist dann in manchen Lösungsmitteln leicht löslich. Beim längeren Liegen an der Luft trocknet das aufgeschwollene Kautschuk wieder aus. Gegen Alkohol verhält es sich ähnlich, Aether löst 1,3 pCt. und aus dieser Lösung kann es wieder durch Alkohol gefällt werden.

Uebergiesst man 1 Th. Kautschuk mit 6 Th. Schwefelkohlenstoff und 1 Th. Benzin, so wird diese Mischung in einer verschlossenen Flasche über Nacht weich und salbenartig und kann mit Benzin weiter verdünnt werden; nimmt man aber 100 Th. Schwefelkohlenstoff, 5 Th. Alkohol (85° T.), so löst sich das Kautschuk nicht, wird aber teigig und lässt sich dann in beliebige Formen bringen. Ganz reines Terpentinöl (Kamphin) löst das Kautschuk ebenfalls.

Das Kautschuk dient zum Auswischen von Bleistiftstrichen, Darstellung von Platten, Fäden, Schnüren, Röhren, als Schwammsurrogat, zur Fabrikation wasserdichter Zeuge, zu Kitt und zur Darstellung von vulkanisirtem und hornisirtem Kautschuk.

Gutes Kautschuk ist auf der frischen Schnittfläche klebend und wird dies noch mehr, wenn man es auf 40—50° C. erwärmt. In höherer Temperatur erweicht es noch mehr, entwickelt einen eigenthümlichen Geruch und schmilzt bei 120° C. zu einer schwarzen, schmierigen Masse, die nie wieder ganz fest wird. Entzündet brennt das Kautschuk mit dunkler, sehr stark russender Flamme. Bei trockener Destillation geht es in ein gefärbtes Oel über, und hinterlässt reines Kautschuk dabei nur einen sehr geringen Rückstand. Das Kautschuk zeichnet sich in hohem Grade durch seine Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und Alkalien aus; von besonderer Bedeutung aber ist sein Verhalten gegen Schwefel, weil sich hierauf fast die ganze Kautschukindustrie gründet; taucht man Kautschuk längere Zeit in geschmolzenen Schwefel, so geht eine Art von Cementation vor sich; das Kautschuk nimmt Schwefel auf und verwandelt sich dadurch in eine gelbliche, ausserordentlich elastische Masse, in das vulkanisirte Kautschuk, das in neuester Zeit die ausgedehnteste Anwendnng gefunden hat[1]).

Das vulkanisirte Kautschuk behält seine Elasticität und Weichheit selbst bei niedrigen Temperaturen, wo das Kautschuk hart wird, bei und wird von den Lösungsmitteln des Kautschuks nicht angegriffen; bei höherer Temperatur wird es nicht leicht klebrig.

Taucht man ein Kautschukblatt von 2—3 mm. Dicke in eben geschmolzenen Schwefel, so saugt es von demselben in seinen Poren 10 bis 15 Prozent auf, behält aber alle seine früheren Eigenschaften, nur ist es weniger porös.

Erwärmt man aber dies Kautschukblatt auf nahezu 150° C., so tritt eine chemische Verbindung ein, und die Masse besitzt nun die angegebenen Eigenschaften. Bleibt das Kautschuk bei der hohen Temperatur mit dem überschüssigen Schwefel in Berührung, so nimmt es bis zu 48 pCt. an Schwefelgehalt zu. Man gewinnt aber auch vulkanisirtes Kautschuk, wenn

---

[1]) In neuester Zeit vulkanisirt man das Kautschuk mittelst Schwefelchloriddämpfen nach dem deutschen Reichspatente von W. Abbot vom 8. Febr. 1878 No. 2265.

man das rohe Kautschuk mit Schwefel zusammenknetet und dann auf die erforderliche Temperatur erwärmt.

Zur technischen Bearbeitung des Kautschuks wird dasselbe zuvor gereinigt, entweder durch chemische Lösung oder auf mechanischem Wege, und wird bei weitem zu den meisten Zwecken vulkanisirt. Bei anhaltendem Kauen wird das Kautschuk bekanntlich in eine weiche steifteigige Masse verwandelt, und ganz dasselbe Resultat erzielt man, wenn man es zwischen 2 Walzen auswalzt, man schüttet dabei auf die untere Walze Schwefelpulver auf und erzielt so eine höchst innige Mischung desselben mit dem Kautschuk; das so ganz fein ausgewalzte vulkanisirte Kautschuk wird zu Kautschukzeugen, welches man zu Regenmänteln benutzt, vielfach verarbeitet; bei anderweitigen Kautschukfabrikaten giebt man nicht blos einen grossen Ueberschuss an Schwefel, sondern vermengt es auch mit indifferenten Stoffen, wie Magnesia, Talk etc., presst die Masse in Formen und vulkanisirt sie mittelst Anwendung von Dampf.

Durch anderweite Mischung erhält man eine sehr feste polirbare Masse, die zu Stockknöpfen, Flintenkolben etc. verwendbar ist; eine solche Mischung besteht aus 4 Th. Kautschuk, 1 Th. Schwefel, 2 Th. gebrannte Magnesia, 2 Th. Steinkohlentheer, 2 Th. Goldschwefel. Kautschukfischbein wird bereitet aus 10 Th. Kautschuk, $2\frac{1}{2}$ Th. Schwefel, 2 Th. Schellack, 2 Th. Magnesia und $2\frac{1}{2}$ Th. Goldschwefel; diese Mischungen müssen aber einer Temperatur von 120—150° C. ausgesetzt werden, und zwar nachdem die Gegenstände daraus geformt sind.

Eine der vorzüglichsten Massen erhält man, wenn man das gereinigte Kautschuk, je nach dem Grade der Härte oder Elasticität, die man zu erhalten wünscht, mit $\frac{1}{10}$—$\frac{5}{10}$ trockenem unterschwefligsauren Zinkoxyd zusammenmischt und die daraus geformten Gegenstände 3—5 Stunden lang auf 120—159° C. erhitzt. Soll die Masse noch härter werden, so kann man noch $\frac{1}{10}$—$\frac{7}{10}$ trockene Schlämmkreide hinzusetzen. Diese Masse ist schön weiss und kann daher durch Zusatz von Erdfarben vor dem Vulkanisiren gefärbt werden.

Es ist fast unmöglich, alle Fabrikate aufzuführen, welche in unserer gegenwärtigen Zeit aus Kautschuk gefertigt werden. Es ist nicht lange her, da wurde das Kautschuk als Gummi elasticum fast nur zum Auslöschen von Bleistiftstrichen benutzt, jetzt aber giebt es kaum einen Zweig der menschlichen Thätigkeit, bei welchem das Kautschuk nicht in einer Form Verwendung finden würde: Kautschukfäden lassen sich nakt oder übersponnen zu allen möglichen Geweben verwenden: Gummischuhe, Spielwaaren, Luftballons, Teppiche, Luftkissen, Luftmatrazen, Treibriemen, Kautschukröhren, Schleifsteine, Streichriemen lassen sich in allen Variationen aus Kautschuk herstellen. Es dient ferner zum Ueberziehen von Telegraphendrähten und Dichten von eisernen Röhren und ersetzt als Eisenkautschuk den Mennigkitt.

Das härteste Kautschuk nennt man Ebonit, Vulkanit, welchem man jeden beliebigen Härtegrad geben kann; vorzüglich dient es so dem Maschinenbau und wegen seiner akustischen Eigenschaften zur Herstellung von musikalischen Instrumenten, z. B. zu Flöten, Hörröhren, auch zum Orgel- und Klavierbau wird es mit Vortheil benutzt. Der Ebonit ersetzt in vorzüglicher Weise Horn und Ebenholz und wird zu Knöpfen, Kämmen, Ringen, Messergriffen, Federhaltern, Linealen, chirurgischen Instrumenten etc. verarbeitet. Durch geeignete Behandlung kann der Ebonit sogar zu einem Ersatzmittel des Stahls werden. Die hierzu taugliche Masse enthält auf 100 Th. Kautschuk 40—50 Th. Schwefel und wird auf Glasplatten oder verzinntem Eisenblech vulkanisirt, sie passirt dabei ein kräftiges Walzwerk, dessen Walzen aus hartem Gusseisen bestehen, polirt sind und von Innen mit Dampf geheizt werden. Das vulkanisirte Kautschuk gewinnt hierdurch bedeutend an Elasticität, und wenn man es nun senkrecht gegen die Richtung der durch das Walzen bewirkten Verlängerung durchschneidet und einer Temperatur von 40—60° C. aussetzt, so zieht es sich zusammen und zwar auf der Seite, welche beim Vulkanisiren auf der Glasplatte oder der verzinnten Eisenplatte lag, am stärksten, wodurch eine Krümmung eintritt. Diese Eigenschaft benutzt man zur Darstellung von Schreibfedern und Wagenfedern. Nach C. Keen benutzt man in England die Eigenschaft des Kautschuks, sich auszudehnen oder sich zusammenzuziehen, zur Darstellung von beliebig vergrösserten oder verkleinerten Abdrücken von Drucktypen.

Mit Sand, Quarz, Feuerstein, Smirgel gemengtes vulkanisirtes Kautschuk dient seit einer Reihe von Jahren zur Fabrikation von vorzüglichen Schleif- und Wetzsteinen zum Schärfen von Sägen, Sensen, Sicheln.

Kamptulikon ist ein aus Kautschuk und Korkabfällen bereitetes Material zu Fussbodenbelegen und wird dargestellt, indem man das Kautschuk in einer Knetmaschine erweicht, zu Platten ausbreitet, mit Korkpulver bestreut und dann durch zwei schwere, mit Dampf geheizte Walzen durchpassiren lässt. Letztere Operation wird unter erneutem Korkpulverzusatz so lange wiederholt, bis die grösstmögliche Menge Kork der Kautschukmasse einverleibt ist. Um die Masse dann in Platten zu formen, bringt man sie auf eine eiserne Tafel, die genau die Länge und Breite hat, welche die Platten erhalten sollen, und lässt sie mit dieser durch ein Paar sehr starke Walzen durchgehen, die durch starke Schrauben so fest an einander gespannt werden, dass eine Hochdruckmaschine von 45 Pferdekraft dadurch gesprengt würde. Die Masse wird dann zusammengelegt und muss noch mehrere Mal die Walzen passiren. Ist vollständige Gleichmässigkeit in der Masse erreicht, so lässt man die Platten in einem kühlen Raum so lange liegen, bis das Kautschuk seine anfänglich elastische Form wieder angenommen hat. Wenn der Fussboden eines Zimmers mit solchen Platten belegt werden soll, so bestreicht man die Ränder desselben mit einer Auf-

lösung von Kautschuk in Benzin und kittet sie auf diese Weise aneinander. In England wird das Kamptulikon seit Jahren vielfach benutzt und hat sich auch bewährt; es ist leicht zu reinigen, ist warm, dämpft die Schritte fast bis zur Unhörbarkeit und eignet sich besonders zu Badezimmern. Auch werden Pferdeställe damit verkleidet und deren Stände damit belegt; durch farbige aufgetragene Muster kann das Kamptulikon zu reichen Fussbodenteppichen verwendet werden. Sehr verschlechtert wird das Kamptulikon durch Beimischung von gebrauchten Guttaperchaabfällen, wogegen nach neueren Versuchen Faserstoffe, Haare u. degl. mit grossem Vortheil statt des Korkpulvers benutzt werden können.

Kautschuk wird auch zur Herstellung von Kitten und Firnissen verwendet, siehe Kitte und Firnisse (Seite 482).

Unter dem Namen Vulcanized fibre (vulkanisirte Faser) wird in Amerika (Delaware) und zwar in grösstem Massstabe ein Stoff fabrizirt der zum Ersatze von Kautschuk dient; im wesentlichen wird hierbei der Papier- oder Pflanzenfaserstoff mit einer konzentrirten Lösung von Chlorzink behandelt, aber es werden auch Chlorverbindungen von Zinn, Kalcium, Magnesium, Aluminium verwendet. Die vulkanisirte Faser wird gegenwärtig verwendet zur Herstellung von Unterlagsscheiben, Riemen, Schläuchen etc. ferner zur Dachdeckung, Figuren, Ornamenten, Möbeln etc.[1]).

Guttapercha.

Guttapercha oder das plastische Gummi (Tubangummi, Gettaniagummi) ist ein dem Kautschuk in vieler Beziehung ähnlicher eingetrockneter Milchsaft der Isonandra Gutta, eines zu den Sapotaceen gehörigen Baumes, welcher auf Singapore, auf der Südspitze von Malakka, auf Borneo und Sumatra heimisch ist. Der Saft der Bäume wird durch ein förmliches „Anzapfen“ gewonnen und knetet man diesen, ehe er ganz erhärtet, mit den Händen in länglich feste Massen von 21—36 cm. Länge und 12 bis 15 cm. Dicke; so kommt die Guttapercha in unregelmässigen Klumpen über England als rohe Guttapercha in den Handel. Diese enthält viel Verunreinigungen und ist auch sehr häufig durch andere Harze verfälscht. Die unverfälschte Guttapercha ist röthlich braun, besteht aus übereinanderliegenden, zähen hautartigen Blätterschichten, fühlt sich etwas fettig an, riecht nach altem Käse und Leder, ist trocken, hart, undurchsichtig und schwimmt ihrer Porösität wegen auf dem Wasser; sie gleicht in vieler Beziehung dem Kautschuk, von dem sie sich aber durch den Mangel an Elasticität unterscheidet. Die Guttapercha besitzt bei gewöhnlicher Temperatur eine lederartige Zähigkeit und bedeutende absolute Festigkeit, so

[1]) Deutsche Industrie-Zeitung 1879 S. 95.

dass ein daraus gefertigter Riemen von 1 Quadratcentimeter Querschnitt erst bei einer Belastung von 208 Kilogr. zerriss; sie ist ziemlich steif, wenig elastisch und wenig dehnsam; bei 32° C. wird sie biegsam, bei 48° fängt sie an zu erweichen und lässt sich unter Anwendung eines starken Druckes schon kneten; zwischen 55° und 60° ist sie streckbar, lässt sich walzen und ist so weich, das sich zwei Stücke durch Zusammendrücken vereinigen lassen; in kochendes Wasser geworfen, wird sie vollständig plastisch und lässt sich in jede Form bringen, die sie beim Erkalten und Erhärten behält.

Die Guttapercha ist in Wasser, Weingeist, verdünnten Säuren und Alkalilösungen unlöslich, in erwärmtem Terpentinöl, Schwefelkohlenstoff, Chloroform, Steinkohlentheeröl und Kautschuköl zu einer dicklichen Flüssigkeit löslich. Durch Aether und ätherische Oele schwillt die Guttapercha an und bildet einen zähen Teig. In siedendem Wasser wird die Guttapercha weich, die Stücke quellen auf und werden klebrig und fadenziehend, wobei sie einige Prozente Wasser aufnehmen, was sie sehr langsam wieder abgeben.

Die Porosität der Guttapercha ist so gering, dass sich der Anwendung derselben zu Flaschen und Schalen kein Hinderniss entgegensetzt, auch ist Guttapercha ein sehr guter Schallleiter, aber auch der schlechteste Leiter für Wärme und Elektricität.

In folge von atmosphärischen Einflüssen überzieht sich die Guttapercha mit einem sehr dünnen bläulichen Ueberzug, und es ist daher gut, Gegenstände, aus diesem Material hergestellt, zum Schutze mit Firniss zu überziehen. Im Erdboden (bei Telegraphenleitungen) wird sie von Thieren zernagt und unterliegt auch den Einflüssen der Luft und der Feuchtigkeit, im Meerwasser hält sie sich besser.

Die Guttapercha schmilzt bei 120° C. zu einer dünnen, leicht beweglichen Flüssigkeit, die einige Zeit gekocht werden kann, ohne sich merklich zu färben. Man erhält dabei ein Destillat als gelbliche Flüssigkeit, brenzliche Oele, welche ein treffliches Lösungsmittel der Guttapercha sind. Guttapercha lässt sich durch verschiedene Prozesse vollständig entfärben, und hat man dann wieder vielfache Mittel, jede beliebige Farbe ihr beizubringen.

Guttapercha dient uns vorzüglich als Surrogat von Leder, Pappe, Papiermaché, Holz, Metall etc. und hauptsächlich in allen Fällen, wo es auf Undurchdringlichkeit gegen Wasser, Widerstand gegen Alkohol, Laugen und Säuren und dergl. ankommt und keine höhere Temperatur mitwirkt.

Zur Verarbeitung wird die rohe Guttapercha zuerst gereinigt und dann in Platten und Tafeln geformt, die dann wohl zu Bändern und Fäden bei beliebiger Breite und Stärke weiter verarbeitet werden. Das Verarbeiten wird ohne Wasser, aber unter Mitwirkung von Wärme betrieben und zwar mittelst eines Knetapparates, der die Guttapercha in einen

weichen homogenen Teig umwandelt, vollkommen vorbereitet, um sofort in jede beliebige Form gebracht zu werden. So z. B. erzeugt man daraus Platten bis zu 3 cm. Dicke und dünne Blätter von der Dicke des Schreibpapiers, indem man einen Ballen gereinigter Guttapercha zwischen hohlen eisernen mit Dampf geheizten Walzen so ausstreckt, als wenn es sich um die Blechfabrikation handelte. Röhren aus Guttapercha werden aus der erwärmten Masse nach demselben Prinzip gepresst, nach welchem aus Blei Bleiröhren, aus Mehlteig die Makkaroni gebildet werden. Andere Gegenstände lassen sich durch Einpressen von erweichter Guttapercha in befeuchtete Formen von Holz, Metall etc. herstellen. Sehr viel Anwendung finden Röhren von Guttapercha z. B. zu Pumpenstiefeln, Schiffspumpen, Speisepumpen für Lokomotiven, Hebern in Bergwerken und chemischen Fabriken, Saug- und Vertheilungsröhren für Feuerspritzen, Waschmaschinen, Sprachröhren. Derartige Röhren von 2 cm. im Durchmesser ertragen den Druck einer 60,0 m. hohen Wassersäule. Solche Röhren können unbeschränkt lang fabrizirt werden; Telegraphendrähte werden häufig mit Gutta Percha überzogen, und können Guttapercharöhren wie beim Kautschuk mit Geweben gefüttert und umhüllt werden.

Noch zu erwähnen ist, dass man auch häufig ein Gemenge von 1 Th. Guttapercha mit 2 Th. Kautschuk herstellt; ein Gemisch von gleichen Theilen Kautschuk- oder Guttaperchaabfällen mit Schwefel, das man mehrere Stunden lang einer Temperatur von 120° C. aussetzt, hat ähnliche Eigenschaften wie Knochen, Horn etc. Als Zusatz zu der Masse empfiehlt man Gyps, Harze, Bleiverbindungen etc. und dienen solche Gemenge zur Anfertigung von Thürdrückern, Knöpfen etc.

Wird Guttapercha in einer Mischung von 10 Th. Schwefelkohlenstoff und 1 Th. Terpentinöl so lange gelöst, bis die Masse breiartig wird, so lassen sich hiermit lederne Treibriemen kitten; die zu vereinigenden Riemenstücke werden zunächst entfettet, indem man auf dieselben einen wollenen Lappen legt und ein heisses Eisen darauf stellt; dann bestreicht man beide Stücken mit der gelösten Guttaperchamasse, legt sie auf einander und lässt sie unter Druck trocknen.

Guttapercha wird auch viel in der Galvanoplastik angewendet, da sie äusserst scharfe Abdrücke gestattet; ferner lässt sie sich wie das Kautschuk vulkanisiren, bedarf aber im allgemeinen nur wenig Schwefel.

Die Guttapercha-Industrie konnte sich unmittelbar auf die bereits ausgebildete Kautschukindustrie stützen und liefert daher auch, wie diese in den verschiedensten Mischungs-Kompositionen die verschiedensten Fabrikate; ein Engländer (Goodyear) hat auf folgende Fabrikate aus Guttapercha Patente genommen: Schreibtafeln, Schachteln und Büchsen, Bürsten, Flaschen, Becken, Wannen, Schnallen, Knöpfe, Krückenstöcke, Thürknöpfe, Fasshähne, Hefte, Griffe, Körbe, Becher, Leuchter, Gesimse, Helme, Rahmen, Winkelmaasse, Tintenfässer, Trichter, Schirme, Steigbügel, Hufeisen, Peitschen,

Globen, Perspektive, Weberschiffchen, Kämme, Pfeifen, Pulverhörner, Wagschalen, Standbilder, Dachziegel, Tasten für Pianos, Vasen, Schrauben etc.

Sehr wichtig ist die Guttapercha für die Chirurgie, indem die daraus gefertigten Sonden, Bougies, Katheter, Urinröhrchen, Spritzenröhrchen etc. vor den aus anderen Stoffen gefertigten, grosse Vorzüge besitzen. Die vorzüglichsten Dienste leistet sie aber bei Behandlung von Knochenbrüchen, indem sie alle anderen Verbandmittel weit übertrifft.

Als Ersatzmittel für die Guttapercha wird neuerdings in Deutschland vielfach das Milchharz eines an den Ufern des Orinoco und des Amazonenstromes wachsenden Baumes, Bully-tree von den Eingeborenen genannt, verarbeitet; dieses Material wird unter dem Namen Balata bei uns eingeführt. Ihrem physikalischen Verhalten nach ist die Balata geschmacklos, riecht erwärmt angenehm, ist wie Guttapercha gut schneidbar, lederartig zähe, ausserordentlich biegsam, aber bedeutend elastischer als Guttapercha; sie besitzt einen bedeutend höheren Schmelzpunkt als diese und ist auch ein besserer Isolator, sowohl für Wärme, als auch für Elektricität, so dass sie in manchen Eigenschaften der Guttapercha vorzuziehen ist. Ihre Einführung vermehrt die elastischen Harze in sehr erwünschter Weise[1]).

Dach- und Steinpappe.

Dach- oder Steinpappe ist aus wollenen und langfaserigen leinenen Stoffen geschöpfte Pappe, die vor dem Schöpfen mit Steinkohlentheer und Kalkpulver vermischt wurde und dadurch undurchdringlich für Feuchtigkeit wird; meistens wird jedoch nur gewöhnliche Pappe mit Steinkohlentheer imprägnirt, indem man sie in einen Kessel mit siedendem Theer eintaucht und etwa 5 Stunden darin belässt; nach dem Herausnehmen werden die Pappblätter mit grob- und scharfkörnigem Sande bestreut und an der Luft getrocknet.

Man unterscheidet Quadrat- oder Tafelpappe und Rollenpappe; die erstere am längsten im Gebrauch, kommt in Ballen von 12—24 Bogen meistentheils in der Grösse von nahezu 1 m. Länge und 0,75 m. Breite vor; letztere hat häufig eine Länge von 7,5— 15,0 m. Länge und 0,90 m. Breite.

Sehr wichtig ist dabei, dass der Theer die Pappe vollständig durchdringe, dass also die Dachpappe beim Durchschneiden nicht eine innere von Theer freie Schicht zeige. Um dies zu erreichen, wird vorgeschlagen, die einmal in siedendheissen Theer getauchten Pappen trocknen zu lassen, und sie dann in kaltes Wasser zu tauchen. Hierdurch soll sich der Theer von der Oberfläche der Pappen nach dem Inneren ziehen. Nachdem die

---

[1]) Wochenschrift des österr. Gewerbevereins 1878 S. 121.

Pappen wieder getrocknet sind, werden sie wiederholt in heissen Theer getaucht und mit feinem Kies, Steinpulver etc. bestreut. Sind die einzelnen Pappblätter auf die Dachschalung aufgenagelt, so werden sie mit einer Mischung aus 3 Th. Steinkohlentheer, 1 Th. zerfallenem Kalkpulver und 1 Th. gemahlener Bleiglätte stark erwärmt, fett angestrichen und sofort mit heissem grobkörnigen, scharfem und thonfreiem Sande mittelst eines Siebes bestreut. Diesen Anstrich wiederholt man mehrmals, wobei man jedesmal weniger Kalk und mehr Bleiglätte beimengt. Sind die Theeranstriche vollständig erhärtet, so giebt man einige Anstriche von Kalkmilch und Kuhharn, und wiederholt diese wohl alljährlich; dieser letzte Anstrich hindert die Verflüchtigung der ätherischen Oele, die im Theer enthalten sind, und bedingen so seine längere Wirkung der Undurchdringlichkeit gegen Nässe.

Gewöhnlich beschänkt man sich auf einen Anstrich von 1 Vol. Steinkohlentheer, $1\frac{1}{2}$ bis 2 Vol. Kreide oder Kalksteinpulver und $\frac{1}{8}$ Vol. Asphalt, welcher noch frisch mit feingesiebtem Sand bestreut wird; dieser Anstrich ist jedoch alle zwei Jahre zu wiederholen.

Als wasserdichter und konservirender Anstrich für Steinpappdachungen wird von L. Mack in Augsburg empfohlen:

2	Gewichtstheile	geschlämmten Graphit
2	-	Eisenmennige
16	-	feinst präparirten Cement
16	-	schwefelsauren Baryt
4	-	Bleioxyd
2	-	alkoholisirte Silberglätte;

das Ganze wird in Oelfirniss abgerieben, der folgenderweise bereitet ist: 100 Gewichtsth. gutes Leinöl werden mit 5 pCt. Braunstein 8 Stunden lang in einem kupfernen Kessel gekocht und hierauf 10 Gewichtsth. Schwefelblüte, 20 Th. franz. Harz darin aufgelöst und vor dem Erkalten filtrirt.

Nach 2jähriger Verwendung hat sich dieser Oelcement-Anstrich durchaus bewährt; er war steinhart geworden und hatte die Steinpappe an ihrem Theerölgehalte auch nicht das Mindeste verloren, sie war in gleichem Grade elastisch geblieben wie zur Zeit der Eindeckung[1]).

Zum Ueberziehen von Theerpappdächern wird auch der Hillersche Mastix empfohlen; es ist dies ein Dachlack, der nach dem Trocknen eine fest anhaftende Fläche bildet; er ist elastisch und widerstandsfähig gegen Nässe und Wärme, was seinem Gehalte an schwer zu verdampfenden Kohlenwasserstoffen zuzuschreiben ist.

An Stelle der einzelnen Pappbogen oder Tafeln wird in neuerer Zeit

---

[1]) Bayer. Industrie- und Gewerbeblatt 1874. S. 306.

vielfach die endlose Pappe fabrizirt, wodurch in der Herstellung der Dachflächen wesentliche Vereinfachungen und Verbesserungen erzielt worden sind.

Gute Dachpappe soll beim Durchschneiden ein fettes glänzendes Innere zeigen und dabei von Theer so gesättigt sein, dass man das ursprüngliche Faserwerk der Pappe kaum mehr erkennt; sie soll ferner leicht biegsam sein und beim oftmaligen Umbiegen nicht brechen.

Die Vortheile, welche ein mit gut präparirter Steinpappe gedecktes Dach gewähren soll, bestehen nicht allein in der Wohlfeilheit des Deckmaterials, sondern auch darin, dass eine solche Bedachung jedem Witterungseinflusse Trotz bietet, dabei kann das Dachgerüst, weil es viel geringer als bei einem Ziegeldache belastet ist, bedeutend schwächer im Holz gehalten werden, wodurch weitere Ersparnisse resultiren.

Die vielfachen Anpreisungen der Dach- und Steinpappdächer hat den Erwartungen keineswegs entsprochen; eine andauernde Wetterbeständigkeit ist nicht zu erreichen, indem die Dachpappe den Bewegungen, die sich in jeder Bretterverschalung, auf welcher sie befestigt wird, geltend machen nicht folgen kann und daher zerreissen muss. Uebertheerungen solcher Risse und Sprünge helfen durch Ausbesserungen nur für kurze Zeit. Auch unterliegt die Papierfaser der Pappe selbst den Einwirkungen des Steinkohlentheers, und wird dies Deckmaterial dadurch mürbe und brüchig. Auch einem sehr starken Hagelschlage kann sie nur äusserst selten widerstehen.

Die meisten Versuche durch besondere Anstriche die Pappdächer haltbar zu machen, sind zweifelhafter Natur und möchten sich trotz ihrer hochtönenden Namen wie Litholyd oder Adialyt kaum bewähren.

Frische Steinpappe ist meistentheils sehr weich und in folge dessen unschwer zerreissbar, aus diesen Gründen hat man an vielen Orten Deckfilz zur Dachdeckung eingeführt, der sich durch Haltbarkeit mehr auszeichnet, da er aus thierischen Stoffen besteht; ein ähnliches Material ist der Asphalt-Filz, in Rollen bis zu 21 m. Länge vorkommend, von den Wergabgängen in Flachsspinnereien gefertigt und mit Steinkohlentheer getränkt.

Auch die Hoffnungen auf das Sichbewähren dieses Deckmaterials sind nicht in Erfüllung gegangen; die Wergabfälle des Asphalt-Filzes sind zwar stark mit Steinkohlentheer getränkt und gepresst, bei dauernder Einwirkung von Nässe aber lockern und blähen sie sich auf, und es tritt dann eine baldige Zerstörung ein.

Aehnlichen Schicksalen wird wohl auch die angepriesene Zeolith-Pappe unterliegen; die biegsame Metallpappe ist eine sehr dünne Rollpappe mit Fett getränkt, die ihre Wetterbeständigkeit durch einen Anstrich mit Wasserblei und Leinölfirniss erhalten soll; auch unter den Namen Carton-cuir, Lederpappe, Mastix-Dachpappe, Tectolith, Vulcan-

cement etc. kommen Fabrikate in den Handel, die eine Verbesserung der ursprünglichen Dachpappe anstreben.

Immerhin möchte wohl die Anwendung der Theerpappe in der Weise zu beschränken sein, dass sie nur zu temporären Dachdeckungen verwendet wird, ihr eine grössere Bedeutung zuzuerkennen ist nach den bisher gemachten Erfahrungen gewagt.

Hanf, Taue, Seile, Stricke.

Der Hanf (Cannabis) ist das Rohmaterial zur Herstellung von Tauen, Seilen, Leinen oder Stricken, welche entweder zum Transport anderer Baumaterialien, besonders zum Aufwinden bearbeiteter Stücke, dann zum Zusammenbinden der Rüstungen, zum Betrieb der Ramm-Maschinen und vielen anderen Zwecken gebraucht werden.

Besonders sind die Taue dazu bestimmt, grosse Lasten zu tragen und zu heben, sie müssen daher von vorzüglicher Qualität sein und liegt es nahe und in der Natur der Sache, dass Taue, je dicker sie sind, auch grösseren Widerstand zu leisten im Stande sein werden, dass aber auch mit Zunahme ihrer Dicke, eine beim Gebrauch nachtheilige Verminderung ihrer Biegsamkeit eintritt. Die Festigkeit der Taue ist aber weiter bedingt durch Anwendung eines vorzüglichen Hanfes und durch die Art und Weise der Fabrikation.

Der Hanf als Rohmaterial wird am besten aus Russland besonders aus Riga bezogen, sehr geschätzt wird der slavonische aus Peterwardein und der slovakische aus der Gegend nördlich von Pressburg, auch der königsberger Hanf, besonders der Reinhanf oder Reinband wird wegen seiner langen, reinen aber etwas starken Fäden sehr gesucht.

Da die Verschiedenheit des Grund und Bodens, auf dem Hanf gezogen wird, seine Widerstand leistende Eigenschaft beeinflusst, so ist nicht mit Sicherheit, nach der erprobten Stärke eines Taues, auf die eines anderen zu schliessen, wenn es nicht von demselben Rohmaterial gearbeitet ist; aber auch die Verarbeitung des Hanfes beeinflusst die Güte der Taue; eine übermässig starke Röstung erzeugt schwache Fäden, während eine zu geringe Röstung rauhe faserige Fäden giebt, die noch dazu sehr unbiegsam sind. Je aufmerksamer der Hanf bearbeitet wird, je feinere Fäden man erzielen kann, desto stärker und andauernder werden die daraus hergestellten Fabrikate sich bewähren. Das Drehen der Fäden, um ein Tau herzustellen, ist keineswegs vortheilhaft; Erfahrungen haben gezeigt, dass die parallele Lage der einzelnen Fäden, die dann mittelst eines Fadens zum Zusammenhalten umwunden sind, die grösste Tragfähigkeit ergiebt. So hergestellte Seile nennt man Bündelseile, allein sie haben die Nachtheile, dass sie sich nicht gut über Rollen legen lassen. Das Drehen

kann bei den Hanffäden nicht vermieden werden, indem die einzelnen Fäden nicht gleich stark sind, ein Umstand der sich durch das Drillen ausgleichen lässt; damit die Taue nicht zu locker werden, müssen die einzelnen Fäden so weit zusammengedreht werden, dass sie sich nahezu um $^1/_5$ ihrer Länge verkürzen; häufig drehen aber die Seiler die Stränge soweit zusammen, dass sie $^1/_3$ ihrer Länge verlieren.

Hierdurch verlieren sie aber bedeutend an Haltbarkeit, weil die Fäden in einen gespannten Zustand kommen, welcher so anzusehen ist, als wenn schon eine Last am Seile wirke.

So konnte z. B. ein Tau, dessen Fäden um $^1/_5$ seiner Länge verkürzt war, eine Last von 3103 Kilogr. tragen, während ein anderes von derselben Fadenzahl, dessen Fäden um $^1/_4$ ihrer Länge verkürzt waren, nur noch 2425 Kilogr. und endlich ein drittes ebenso dickes, bei dem die Fäden um $^1/_3$ verkürzt waren, nur 2049 Kilogr. trug. Früher konstruirte man die Seile ausschliesslich in der Weise, dass man die einzelnen Fäden unmittelbar so zusammendrehte, dass sich die inneren Spiralen der Fäden berührten; dadurch wird aber der Unterschied in der Länge der äussersten und innersten Faserschicht ein Maximum, was aber selbstredend mit grossem Nachtheil für die Haltbarkeit der Seile verbunden ist.

Es ist daher ein grosser Fortschritt in der Fabrikation der Seile eingetreten, nachdem man die einzelnen Stränge um einen dargestellten Kern als Schraubengewinde herumwand. Ein solcher Kern wird die Seele genannt und besteht aus einer Hanfsträhne oder auch aus einem dünnen Hanfseile, welches in seiner ursprünglichen Länge den innersten Theil des Seiles erfüllt. Diese Seile sind bekannt unter dem Namen Patentseile.

Nasse und getheerte Seile sind weniger stark als trockene und ungetheerte, da durch das Eindringen der Flüssigkeit die Hanffasern dicker, aber dabei kürzer werden.

Die Festigkeit stärkerer Seile ist verhältnissmässig d. h. pr. Quadratcentimeter Querschnitt geringer als diejenige schwächerer Seile. Ebenso lässt sich leicht übersehen, dass wenn man ein starkes Seil mit verhältnissmässig grosser Seele und geringer Strähnstärke konstruirt, die Festigkeit desselben verhältnissmässig grösser sein könne, als diejenige dünnerer Seile. Die Festigkeit des Seils ist ferner abhängig von der Art der Theerung, ob nämlich das ganze Seil nach vollendeter Arbeit getheert ist (kalt registrirt), oder ob die einzelnen Garne getheert und warm zusammengedreht sind (warm registrirt). Warm registrirte Taue sind stärker als kalt registrirte, weil der Theer vollständig zwischen die Fasern des Hanfes eindringen kann.

Die Dauerhaftigkeit eines Taues wird sehr durch die Qualität des gebrauchten Theers bedingt, der zuweilen Stoffe enthält, welche den Hanf angreifen, so dass das Tau schon innerhalb dreier Jahre nach der Anfertigung unsicher werden kann.

Nach Wiebe kann man bei ungetheerten Seilen, welche bewegt werden, also über Rollen laufen, den Quadratcentimeter des Querschnittes durchschnittlich mit 109,647 Kilogr. auf die Dauer belasten. Es ist hierbei angenommen, dass bei schwächeren Seilen $^1/_6$, bei stärkeren $^1/_5$ derjenigen Last wirkt, welche das Zerreissen bewirkt.

Für nasse und getheerte Seile kann man die zulässige Belastung pro. Quadratcentimeter Querschnitt nur auf $^3/_4$ 109,647 = 82,235 Kilogr. annehmen; bezeichnet man nun den Durchmesser eines Seiles in Centimeter mit D, die Belastung, welche dasselbe mit Sicherheit tragen kann, mit P, so hat man für:

ungetheerte Seile $P = {}^1/_4\, D^2 . \pi . 109{,}647 = 86{,}118\, D^2$ und $D = 0{,}107 \sqrt{P}.$

getheerte Seile. $P = {}^1/_4\, D^2 . \pi .\ 82{,}235 = 64{,}586\, D^2$ und $D = 0{,}125 \sqrt{P}.$

das Gewicht eines laufenden Meters Seils ist ungetheert 0,652 D^2 Kilogr.,

„ „ „ „ „ „ „ getheert 0,768 D^2 Kilogr.;

kennt man nun die Tragfähigkeit eines Seiles von bestimmtem Gewicht aus Erfahrung, so kann man die Tragfähigkeit eines anderen Seiles aus ihren Gewichtsverhältnissen berechnen.

Tabelle über das Gewicht und die Tragfähigkeit getheerter und ungetheerter Taue.

Seildurchmesser in Centimeter. D.	Gewicht pro lfd. m. in Kilogr. Ungetheert. 0,652 D²	Getheert. 0,768 D²	Tragfähigkeit pro □ Centimeter in Kilogr. Ungetheert. P=86,118D²	Getheert. P=64,586D²	Seildurchmesser in Centimeter. D.	Gewicht pro lfd. m. in Kilogr. Ungetheert. 0,652 D²	Getheert. 0,768 D²	Tragfähigkeit pro □ Centimeter in Kilogr. Ungetheert. P=86,118D²	Getheert. P=64,586D²
0,15	0,0014	0,0017	1,93	1,45	3,30	0,71	0,83	937,80	703,38
0,30	0,0058	0,0069	7,75	5,81	3,60	0,84	0,99	1116,08	837,02
0,45	0,013	0,015	17,43	13,07	3,90	0,99	1,16	1309,80	982,34
0,60	0,023	0,027	31,00	23,25	4,20	1,15	1,35	1519,10	1139,31
0,75	0,033	0,043	48,44	36,32	4,50	1,32	1,55	1743,84	1307,85
0,90	0,052	0,062	69,75	61,46	4,80	1,50	1,17	1984,14	1488,07
1,05	0,071	0,084	94,94	83,66	5,10	1,69	1,99	2239,99	1679,90
1,20	0,093	0,110	124,00	109,21	5,40	1,90	2,24	2569,65	1883,30
1,50	0,146	0,172	198,28	145,31	5,70	2,11	2,49	2797,93	2098,35
1,80	0,216	0,249	279,02	209,26	6,00	2,34	2,76	3100,21	2325,10
2,10	0,28	0,33	397,78	284,83	6,30	2,58	3,05	3418,00	2563,30
2,40	0,37	0,44	496,03	372,01	6,60	2,84	3,34	3751,18	2813,33
2,70	0,47	0,56	627,80	470,83	6,90	3,10	3,65	4100,10	3074,93
3,00	0,58	0,69	775,05	581,29	7,20	3,34	3,98	4464,30	3338,08

Die Tragfähigkeit der Taue ist geringer, wenn sie um eine Walze gebogen sind, statt blos nach der Länge gezogen zu werden, denn Versuche

haben ergeben, dass ein Tau, welches im ersteren Fall nur 2000 Kilogr. trug, im zweiten Falle erst bei 2950 Kilogr. zerriss.

Die gewöhnlichen Taue, die in der Bautechnik gebraucht werden, sind:

1. Das Rammtau; es ist gewöhnlich 30—45 m. lang, bei 3,75 bis 5,25 cm. Stärke.

2. Das Pfahl- oder Aufziehtau ist 24 — 25 m. lang, 2,25 bis 3 cm. stark.

3. Das Kranztau ist 6—9 m. lang, 3,75 cm. stark.

4. Das Flohrtau ist 6—15 m. lang, 3—3,75 cm. stark.

5. Die Zugleinen, deren Längen sich nach der Höhe der Rammen richten, wo sie gebraucht werden, sind zwischen 3,6—4,8 m. lang; jede Zugleine ist unten mit einem 4,5 cm. starken und 30 cm. langen Knebel versehen.

6. Das Triebseil für Bergwerke; diese werden bis zur Länge von 504 m. hergestellt und erhalten eine Dicke bis zu 7,5 cm.; sie werden vor dem Gebrauche stets mit Talg eingeschmiert.

7. Rüststränge, Rüststricke; sie sind 1,8 m. lang und 1,5 cm. dick, sie dienen zum Binden der Rüstungstangen.

Dünnere Stränge nennt man wohl Leinen oder Schnüre, so hat man Mess- oder Trassirschnüre, dann sogenannte Fensterleinen, von verschiedenen, meist bedeutenden Längen und 7—9 cm. Stärke.

Stroh, Rohr und Moos.

Alle von ihren Früchten erledigten Halme, Ranken und Stengel gereifter Halm- und Hülsenfrüchte nennt man Stroh; es dient zum Dacheindecken ländlicher Gebäude, zur Anfertigung von Lehmschindeln, zu der sogenannten Staakarbeit bei Herstellung der Windel- oder Wickelböden und dem Ausfachen bei Fachwerksbauten, zu Strohdecken, dem gewöhnlichsten Schutzmittel für Mistbete und Gewächshäuser. Man verwendet hauptsächlich das Roggen- und Weizenstroh; ersteres, welches zähe und gewöhnlich auch länger ist, wird besonders tauglich befunden, Dächer damit einzudecken, das zweite dient den übrigen Arbeiten; so unterscheidet man denn wohl auch Deckstroh und Lehmstroh oder Krummstroh.

Strohdächer leisten unstreitig der Oekonomie ausgezeichnete Dienste; trotzdem sie ihrer grossen Feuergefährlichkeit wegen fast überall polizeilich verboten sind, lassen sie sich doch nur sehr schwer ausrotten und viele Oekonomen weisen wiederholt auf die Vortheile hin, die Strohdächer ihnen gewähren. Ein Strohdach hält den darunter liegenden Raum im Winter warm, im Sommer kühl und sichert gegen Eindringen von Regen und Schnee in viel höherem Grade als jede andere Deckung, weshalb

Früchte darunter am sichersten aufbewahrt werden. Dann ist dieses Dach das wohlfeilste, besonders für den Landmann, da er das Material selbst produzirt und die Arbeit des Deckens mit seinen eigenen Leuten unternimmt, endlich erfordert ein Strohdach nur ein äusserst leicht konstruirtes Dachgespärre und kann selbst das untauglich gewordene Deckmaterial noch zum Düngen verwendet werden; die Stärke der Strohdeckung variirt von 3,6—4,8 cm.

Um die Vortheile der Strohdachungen für Oekonomiegebäude zu erhalten, die Nachtheile, welche hauptsächlich in der Feuergefährlichkeit gipfeln, aber zu vermeiden, hat man in Norddeutschland vielfach die sogenannten Lehmschindeldächer eingeführt, die im wesentlichen aus einer Komposition von Lehm und Stroh bestehen und die in der verschiedensten Weise konstruirt werden (siehe Gilly's Handbuch der Landbaukunst § 28—39).

Zu den Staakarbeiten für Deckenkonstruktionen und Ausfachen der Fachwerkswände verwendet man Krummstroh, das unter die zu verwendende Lehmmasse eingemischt und damit die Staakhölzer umwickelt werden; zu Wellerwänden und den sogenannten Lehmpatzen nimmt man kurzgeschnittenes Stroh, das gleichfalls in der Lehmmasse eingemischt wird, am häufigsten durch Eintreten mit den Füssen.

Das Stroh hat als Dachdeckungsmaterial eine ziemlich lange Dauer, bis zur gänzlichen Verwitterung nimmt man gewöhnlich 20 Jahre an, unter Umständen wohl eine noch längere Zeit.

In manchen Gegenden ist die technische Bearbeitung des Stroh's ein bedeutender Zweig der Industrie; das Stroh besteht aus Fasern, die durch eine harzähnliche Materie mit einander verbunden sind, welche in Alkalien auflöslich ist; die davon befreiten Fasern sind dann weich und flockig, wie die des Hanfes, lassen sich von gefärbten Flüssigkeiten durchdringen und zu einem Brei umschaffen und wieder zu dünnen Blättern vereinigen. Roggenstroh ist harziger als Weizen- und Gerstenstroh und ist in seinen Fasern hart; am weichsten ist Haferstroh, das sich auch am leichtesten von seinen harzigen Stoffen trennen lässt.

Das Rohr, gemeines Teich- und Schilfrohr (Arundo phragmites) wächst häufig an Teichen, Bächen und Seen und in Sümpfen durch ganz Europa und ist eine der grössten Schilfarten, die öfters bis 3,6 m. hoch wird, und sich durch ihre schönen, oft 30 cm. langen, aus dunkelpurpurrothen Blüthen, die aber nicht zum Vorschein kommen, bestehenden Rispen auszeichnet. Die Halme sind stark holzig und glatt, und werden, reif geworden, vielfach in der Bautechnik verwendet.

Man schneidet das Rohr in der Regel zur Winterszeit über dem Eise ab und lässt es an schattigen Orten langsam trocknen; es soll bis zur Anwendung nicht zu ausgedörrt sein, und daher lässt man es nicht über 2 Jahre alt werden. Man unterscheidet im Baufache Deckrohr und ge-

schältes oder Mauerrohr, ersteres wird zum Eindecken der Dächer gebraucht, wozu es in ungeschältem Zustande, und nur das kürzere von etwa 1,0—1,2 m. Länge verwendet wird; hierbei kommt es weniger auf die Güte der einzelnen Halme an, als auf die Reife derselben; diese macht sich kenntlich durch eine weissgelbe Farbe, und daran dass die Blätter des Rohrs am Standorte abgetrocknet sind; das Deckrohr muss spätestens 2 Jahre nach seiner Gewinnung verwendet werden, sonst wird es unbrauchbar.

Rohrdächer deckt man 4,2—4,8 cm. stark ein; sie haben hinsichtlich ihrer längeren Dauer vor den Strohdächern den Vorzug, sonst aber haben sie alle weiteren Eigenschaften mit einander gemein.

Das Mauerrohr muss aus völlig reifen Stengeln von gradem Wuchs und starkem durchsichtigen Holze bestehen und seiner äusseren Schale beraubt sein; es wird zum Berohren von Holzwerk, namentlich von Decken verwendet, um auf die Berohrung den Mörtel, beziehungsweise den Deckenputz anzubringen,

Das Rohr kommt Schockweise zum Verkauf, jedes Schock enthält zwei grosse Bunde zu ungefähr 21 cm. Stärke im Durchmesser; jedes dieser Bunde umfasst in der Regel 15 kleinere Bunde, von denen jedes 30 einzelne Rohrstengel enthält.

Die langen Rohrstengel befestigt man mit Hülfe von Draht und sogenannten Rohrnägeln an die vorher gefertigte Bretterschalung; bei sorgfältigerer Konstruktion werden die Decken doppelt berohrt, so dass die beiden Lagen im rechten Winkel sich kreuzen; da das geschälte Rohr nicht hygroskopisch wie das Holz ist, sich also nicht wie dieses wirft und auch nicht schwindet, so wird ein Deckenverputz auf doppelter Berohrung von der allenfalsigen Veränderung, die in der Bretterverschalung, z. B. durch das Schwinden der Bretter eintreten kann, nicht alterirt; alle Lattendecken markiren mehr oder weniger im Deckenputz die Lagen der einzelnen Latten, indem sich in der Decke Parallelrisse zeigen, was bei berohrten Decken nicht der Fall sein kann.

Im südlichen Europa, auch schon im südlichen Deutschland und in der südlichen Schweiz, wird das spanische Rohr, Schalmeienrohr, Pfahlrohr gezogen, das im nördlichen Afrika heimisch zu den grössten Schilfarten gehört und dessen sehr dicke unten holzige, poröse Halme zu ökonomischen und technischen Zwecken gezogen werden; aus diesem Rohr fertigt man wohl Gartenzäune, Spalierwände, Spazierstöcke, auch wird es zu Instrumenten (Mundstücken zu Klarinetten) und vielen anderen Zwecken benutzt.

Moos, entweder Waldmoos (Politrichum commune) oder Wassermoos (Sphaegnum palustre), dient als Hülfsmittel im Baufache, namentlich um Mauern aus Geschiebesteinen darin aufzusetzen (Trockenmauern) und bei massiven Brunnen die Steinschichten damit auszufüllen, wobei das Moos

dann noch ein förmliches Filtrum bildet; das Wassermoss ist für letzteren Zweck dem Waldmoose vorzuziehen, da es von weicherer Beschaffenheit ist und selbst nach langem Trockensein von der Feuchtigkeit berührt gleich wieder auflockert. Man bedient sich des Mooses auch zum Dichten der Ziegeldächer bei landwirthschaftlichen Gebäuden als Ersatz des Verstreichens derselben mit Kalkmörtel und hier leistet es vorzügliche Dienste, da es nicht wie dieser abfällt und dann dem Triebschnee keine Schranken mehr bieten kann. Moos dient ferner, als schlechter Schall- und Wärmeleiter zum Isoliren der Wände, auch die Balkenfache der Decken werden in manchen Gegenden mit Moos ausgefüllt.

Sachregister.

A.

Abbauen I. 189.
Abgerinnen I. 189.
Abgeschrecktes Roheisen II. 19. 20.
Abies excelsa I. 444.
- pectinata I. 421. 445.
Abschäumen (Zink) II. 129.
Abscherungsfestigkeit II. 214.
Abschlitzen I. 189.
Abschrecken II. 40.
Abschröfeln I. 220.
Absolutes Gewicht der Gesteine I. 169.
- - des Holzes I. 552.
- - der Metalle II. 168.
Absolute Festigkeit der Drähte II. 178.
- - d. Drahtseile II. 180.
- - des Holzes I. 558.
- - der Ketten II. 185.
- - der Metalle II. 174.
- - der Taue II. 499.
Abstich II. 17.
Abstrichblei II. 147. 148.
Abtreiben II. 147.
Abzug II. 147.
Acajou de caisse I. 468.
- femelle I. 468.
Acer I. 456.
- campestre I. 457.
- platanoides I. 457.
- pseudoplatanus I. 456.
Adialyt II. 496.
Adnether Kalk I. 65.
Adouziren II. 29.
Aërodynamischer Reiniger II. 23
Aerugo nobilis II. 119. 159.
Aesculus hypocastanum I. 463.
Aetzkalk II. 238.
Affiniren II. 40.
Agatholz I. 473.
Ahorn, gemeiner I. 456.
Ahornholz I. 456.
Ahorn, weisser I. 456.
Akazienholz I. 466.
Alabaster I. 79.
- antiker I. 82.
- orientalischer I. 82.
Alabasterglas II. 424.
Alabastritos I. 82.
Alaunschiefer I. 44.
Albernbaum I. 459.
Aldehydgrün II. 342.
Alexandergrün II. 471.
Alfénide II. 165.
Alizarin II. 465.
Alkalimetalle II. 1.
Alkanna II. 466.
Alnus glutinosa I. 459.
- incana I. 456.
Alpakkasilber II. 165.
Alpengyps I. 81.
Alpenkalk I. 63. 68.
Alter der Bäume I. 438.
Aluminium II. 1.
Aluminiumbronze II. 164.
Amaranthholz I. 469.
Ambraholz I. 470.
Amerikanischer Bleiherd II. 144.
Ammoniakrut I. 187.
Amphibolit I. 23.
Analysen v. bayer. Cement II. 296.
- - bielefelder Cement II. 228. 297.
- - Cement v. Pouilly II. 298.
- - Dinastein I. 383.
- - engl. Portl.-Cement II. 308.
- - Holz I. 425.
- - hydraul. Kalk v. Cavignach II. 302.
- - kufsteiner Portland-Cement II. 298.
- - Lehm I. 216.
- - Medina-Cement II. 372.

Analysen v. Mergel von Hausbergen II. 296.
- - Mergel vom Krienberge II. 296.
- - Mergel von Tarnowitz II. 296.
- - Mergelerde v. Heidelberg II. 301.
- - Puzzolane II. 289.
- - Santorinerde II. 291.
- - schwarzem Kalk II. 278.
- - Thon I. 125—127.
- - Thon vom Medwayfluss II. 299.
- - Thon v. kufsteiner Mergel II. 298.
Analyse von Trass II. 290.
Analyse, mechanische I. 217.
Anamesit I. 33.
Anhydrit I. 79.
Anilinbraun II. 444.
Anilinfarben II. 444.
Anilingelb II. 444.
Anilingrün II. 444.
Anilinorange II. 444.
Anilinroth II. 444.
Anilinschwarz II. 444.
Anilinviolett II. 444
Anlassen (Gusseisen) II. 29.
- (Stahl) II. 80.
Anlaufen II. 80.
Anlauffarben II. 52. 80.
Annaline II. 368.
Annalith II. 387.
Anobium pertinax I. 542.
Anstriche (Holz) I. 508.
- (Eisen) II. 93.
- auf Portland-Cement II. 326.
- mit Wasserglas II. 433.
Antikbronze II. 151. 156.
Antimon II. 1.
Antimonblei II 148.
Antimongelb II. 450.
Antiplastische Substanzen I. 219.
Antiseptische Stoffe I. 518.
Antracen II. 495.
Antracenroth II. 445.
Anwendung v. adouzirtem Eisen II. 30.
- - Blei II. 150.
- - Eisendraht II. 99.
- - Roheisen II. 24.
- - Stabeisen II. 80.
- - Stahl II. 84.
Apfelbaum I. 465.
Apfelbaumholz I. 465.
Aphanit I. 23.
Aptychenmergel I. 75.
Aquarellfarben II. 477.
Arbeiten des Holzes I. 487.
Arbeitergewölbe II. 11.
Arbeitsfestigkeit II. 192.
Argentan II. 165.
Arkose I. 84.
Armenischer Bolus II. 468.
Arundo donax I. 502.
- phragmites II. 501.
Arsen II. 1.
Arsenikrubin II. 469.
Artus'sche Mörtel II. 276.
Arve I. 443.
Aschenlöcher (Eisen) II. 52.
Aschenstampfbau II. 365.
Aspalanthus ebenus I. 468.
Aspe I. 459.
Asphalt II. 401. 474.
- comprimée II. 405.
Asphaltfilz II. 496.
Asphaltkitt II. 410.
Asphalt, künstlicher II. 407.
- mastix II. 406.
Asphaltstrassen II. 406.
Astfäule I. 435.
Astknoten I. 436.
Atlasholz I. 469.
Auerkalk I. 66
Auersbergergrün II. 471.
Aufbrechen II. 40.
Aufstossen II. 139.
Aufwerfhammer II. 48.
Aufziehtau II. 500.
Augitgesteine I. 32.
Augitporphyr I. 29.
Aurichalcum II. 151.
Auripigment II. 450.
Ausblasen II. 18.
Ausdehnuug (Metalle) II. 168. 170.
Ausfüttern (Rotator) II. 22.
Auskochen (Holz) I. 498.
Auslaugen (Holz) I. 498.
Ausroden I. 475.
Ausscharren (Kupolofen) II. 26.
Austrocknen I. 490.
Auswittern I. 220.
Aventuringlas II. 429.
Axenlager II. 62.
Azale II. 465.
Azulegos I. 341.
Azulin II. 445.
Azurblau II. 459.

B.

Backenstein II. 12.
Backofenstein I. 96.
Backsteine I. 364.
- engobirte I. 365.
- feine I. 364.
- geschnittene I. 364.
- leichte I. 367.

Backsteine, nachgepresste I. 364.
- ordinaire I. 364.
- poröse I. 367.
Banddrahtseil II. 180.
Bandeisen II. 54. 58.
Bandweide I. 461.
Bankazinn II. 140.
Bardiglio I. 52.
- fiorito I. 52.
Barmsteinkalk I. 66.
Barrow (Hohofen) I. 15.
Baryum II. 1.
Barytgelb II. 451.
Barytweiss II. 445.
Basalt I. 33.
Basaltkonglomerat I. 97.
Basaltmandelstein I. 33.
Basaltporphyr I. 33.
Basalttuff I. 87.
Basische Ziegel II. 22.
Bastkäfer I. 542.
Baustifte II. 105.
Bayerischer Cement II. 296.
Bearbeiten (Holz) I. 400.
- (Werkstücke) I. 195.
Behandlung des Ziegelguts I. 226.
Beinschwarz II. 475.
Beizen (Messing) II. 153.
Belgischer Thon I. 379.
Belgische Vorlage II. 126.
Belgischer Zinkofen II. 125.
Benzindämpfe I. 545.
Berberisholz I. 467.
Berberis vulgaris I. 467.
Bergblau II. 459.
Bergfeuchtigkeit I. 166.
Berggrün II. 471.
Berglinde I. 458.
Bergzinn II. 139.
Berlinerblau II. 121.
Berlinerbraun II. 474.
Berlinergrün II. 472.
Berlinerroth II. 468.
Beryllium II. 1.
Beschlagenes Holz I. 478.
Bessemerapparat II. 47.
Bessemerstahl II. 73.
Bessemerstahlkopfschiene II. 65.
Beton I. 399. II. 335.
- komprimirter II. 357.
Beton-Mischungen II. 362.
Betonbau II. 365.
Betula alba I. 457.
- populifolia I. 458.
- pubescens I. 458.
Bewaldrechten I. 477.
Bianco chiaro I. 52.
Bickfort'sche Zündfäden I. 173.
Bieberschwänze I. 385.
Biegsamkeit des Holzes I. 556.
- - Stahls II. 80.
Biegungsfestigkeit II. 210.
Biegungsproben II. 68.
Bielefelder Roman-Cement II. 297.
Bimsstein I. 32.
Bimssteinbreccie I. 96.
Bimssteinkonglomerat I. 96.
Birke, gemeine I. 457.
Birkenholz I. 457.
Birkenreiser I. 458
Birkentheer I. 458.
Birkenwasser I. 458.
Birnbaum, gem. I. 465.
Birnbaumholz I. 465.
Bismarckbraun II. 444.
Bister II. 473.
Bitterholz I. 472.
Bituminöser Kitt II. 410.
Bituminöser Mergelschiefer I. 75.
Blasengrün II. 469.
Blasenstahl II. 70. 72.
Blasenstein II. 117.
Blattgold II. 155.
Blaue Farben II. 350.
Blaue Stein II. 117.
Blauholz I. 473.
Blech (Eisen) II. 54. 88.
Blechlehre II. 89. 90. 98.
Blechmantelofen II. 13.
Blechzink II. 137.
Blei II. 141.
Bleiarbeit II. 145.
Bleiblech II. 151.
Bleidach II. 151.
Bleierde II. 142.
Bleierz II. 141.
Bleigelb II. 451.
Bleiglanz II. 141.
Bleiglas II. 419.
Bleiherd II. 144.
Bleikammer II. 151.
Bleimulm II. 141.
Bleinägel II. 104.
Bleioxyd II. 141.
Bleipressen II. 143.
Bleiröhren II. 149. 150.
Bleirühren II. 143.
Bleischweif II. 141.
Bleispath II. 141.
Bleisteinarbeit II. 145.
Bleiweiss II. 445.
- holländisches II. 446.
Blockzinn II. 139.
Blumenpalme I. 474.
Blumiges Roheisen II. 18.
Blutholzbaum I. 473.
Blutkitte II. 390.
Bobeufpulver I. 187.

Bockkäfer I. 543.
Bodennägel II. 104.
Bohlen I. 481.
Bohlstämme I. 479.
Bohnenbaumholz I. 466.
Bohnenerz II. 8.
Bohrkäfer I. 541.
Bohrmaschine von Brand I. 194.
- - Dubois-François I. 194.
- - Ferraux I. 194.
- - Hipp I. 180.
- - Mac-Kean I. 194.
- - Perret I. 192.
- - Schuhmann I. 194.
- - Schwarzkopf I. 192.
- - Sommillier I. 191.
- - Turellini I. 194.
Bologneser Flaschen II. 419.
Bolus II. 468.
Bomben I. 36.
Bombycodea I. 544.
Bontemp (Glas) II. 421.
Borussus flabelliformis I. 473.
Borax I. 517.
Borkenkäfer I. 541.
Bossiren I. 195.
Bostrichus calcographus I. 542.
- stenographus I. 542.
- typographus I. 542.
Bouteillenglas II. 422.
Bradley's Ziegelmaschine I. 253.
Brand (Holz) I. 435.
Brasilienholz I. 472. II. 466.
Brasilin II. 466.
Brauches Holz 435.
Braune Farben II. 473.
Brauneisenstein II. 6. 7.
Braune Metalllava I. 408.
Brauner Lack II. 473.
Braunschweiger Grün II. 471.
Breccien I. 93.
Breiteisen II. 60.
Bremerblau II. 459.
Bremergrün II. 471.
Brennen (Cement) II. 224.
- (Gyps) II. 369.
- (Kalk) II. 237.
- (Ziegelwaare) I. 289.
Brennstahl II. 71.
Bretter I. 482.
Bretternägel II. 104.
Bretterstärken I. 482.
Brillantgelb II. 451.
Brittanniametall II. 166.
Brocatella de Tortosa I. 55.
Brocatell-Marmor I. 54.
Brocatell, spanische I. 55.
Bröckeltuff I. 96.
Bronze II. 156.
Bronzefarben II. 451.
Bronze-Schmelzen II. 160.
Bruchansehen (Stahl) II. 82.
Bruchbelastung II. 210.
Brüchiges Holz I. 435.
Brunnsteine I. 367.
Buche, gemeine I. 451.
Buchenholz I. 452.
Buchstabenholz I. 472.
Buchsbaumholz I. 466.
Buckelplatten II. 93.
Bündelseile II. 498.
Bugmessing II. 155.
Bunter Mergel I. 75.
Bunter Sandstein I. 86.
Buntkupfererz II. 108.
Burgberger Grünsandstein I. 92.

C.

Cäsium II. 1.
Caesalpina crista I. 472.
Calcium II. 1.
Calciumoxyd II. 237.
Canabis II. 497.
Caput mortuum II. 468.
Carpinus betulus I. 452.
Castanea vesca I. 462.
Cazenave's Ziegelmaschine I. 240.
Cedrela odorata I. 447.
Cement II. 263.
Cementation II. 71. 118.
Cementbrennofen II. 256.
Cementirofen II. 72.
Cementirpulver II. 71.
Cementkupfer II. 118.
Cementmergel I. 76.
Cementstahl II. 71.
Cendrinbau II. 365.
Centrifugalguss II. 28.
Cerambyx heros I. 543.
Cerium II. 1.
Chaisenreife II. 60.
Chalkitis II. 123.
Chamottziegel I. 375.
Charleroi (Hohofen) II. 15.
Chemische Zusammensetzung (Holz) I. 425. 505.
Chemischbraun II. 473.
Chemischroth II. 468.
Chiastolithschiefer I. 42.
Chikaroth II. 467.
Chinasilber II. 165.
Chinesischer Indigo II. 470.
Chinesischgrün II. 470.
Chlorationsmethode II. 118.
Chlorcalcium I. 517. 547.
Chloritschiefer I. 42.
Chlorzink I. 514. 538.

Christoflemetall II. 165.
Chrom II. 1.
Chromgelb II. 452.
Chromgrün II. 472.
Chromroth II. 467.
Chromstahl II. 76.
Chromzinnober II. 467.
Cipollin de Polcheverra I. 51.
Cipollino I. 51.
Citrinholz I. 470.
Clayton Ziegelpresse I. 236. 241.
- Ziegelmaschine I. 267.
Cliquart I. 72.
Clouet's Stahl II. 75.
Cocos nucifera I. 473.
Cocospalme I. 473.
Coignet's Beton II. 271.
Colcothar II. 468.
Cornus mascula I. 466.
- sanguinea I. 467.
Coquillen II. 28.
Corylus avellana I. 467.
Corypha cerifera I. 474.
Cossus ligniperda I. 544.
Crataejus oxyacanta I. 467.
Crownglas II. 419.
Cuba-Mahajoni I. 468.
Cupressus sempervirens I. 447.
Cupromangan II. 164.
Cyanin II. 342.
Cyrenenkalk I. 73.
Cytisus alpinus I. 466.
- laburnum I. 466.

D.

Dachblech II. 91. 120. 121. 130.
Dachlatten I. 482.
Dachpappe II. 494.
Dachpappenstifte II. 106.
Dachplatten I. 385.
Dachplattenpresse I. 281.
Dachschiefer I. 44.
Dachsteinkalk I. 65.
Dachziegel, doppelt hohle I. 384.
- französische I. 279. 385.
- glasirte I. 385.
- gusseiserne II. 34.
- römische I. 385.
- von Schwandorf I. 280.
Damaststahl II. 78.
Damasziren II. 75.
Damaszirte Waffen II. 78.
Dammerde I. 139.
Dammstein II. 12.
Dampfhammer II. 48.
Dank's rotirender Puddelofen II. 44.
Dattelpalme I. 474.
Dauer des Bauholzes I. 503.
Dauerhaftigkeit des Glases II. 328.
Dauerhaftigkeit der Steine I. 140.
Deck, Ziegelpresse I. 235.
Deckrohr II. 500.
Deckstroh II. 500.
Dehnbarkeit der Metalle II. 173.
Designolle's Pulver I. 187.
Destillation (Zink) in horizont. Röhren II. 125.
- in Muffeln II. 125. 126.
Deul II. 40.
Deutscher Held I. 543.
Deville Magnesiacement II. 301.
Diabas I. 23.
Diabasmandelstein I. 23.
Diabasporphyr I 23. 29.
Diamantkitt II. 389.
Dichtigkeit der Gesteine I. 165.
Didym II. 1.
Dielennägel II. 104.
Dillinger Buckelplatten II. 93.
Dimensionen gusseis. Röhren II. 33. 34.
Dinassteine I. 383.
Diorit I. 22.
Dioritporphyr I. 22. 29.
Diospyros I. 468.
Dolerit I 32.
Dolomit I. 77.
Dolomitasche I. 77.
Dolomitischer Kalk I. 77.
Dolomitmergel I. 77.
Dolomitsand I. 77.
Domingo Mahagoni I. 468.
Domit I. 29.
Donnersmarkhütte II. 15.
Doppelblech II. 88.
Doppellech II. 111.
Doppelt T-Eisen II. 54. 62. 207.
Doppelwasserglas II. 432.
Douglas, Ziegelmaschine I. 266.
Dowlais (Hohofen) II. 15.
Drachenblut II. 466.
Drahtlehre II. 99.
- neue deutsche II. 99.
Drahtseile II. 101. 180. 182.
Drahtstifte II. 102. 105.
Drahtziehen II. 133.
Drehmaschine I. 502.
Drehungsfestigkeit II. 220.
Drehwuchs I. 436.
Dreitupfstahl II. 78.
Druckbruchmodul II. 174.
Druckfestigkeit II. 174
Druckflecken II. 65.
Drucktragmodul I. 558. II. 173.
Drusenschwarz II. 476.
Dualin I. 186.
Duckstein I. 97.
Durand, Ziegelmaschine I. 266.
Durchlassen (Zinn) II. 139.

Durchscheinen beim Holz I. 439.
Dünneisen II. 88.
Dünnstein II. 112. 117.
Dynamit I. 184.

E.

Ebenholz I. 468.
- falsches I. 469.
- rothes I. 469.
Ebereschenholz I. 466.
Ebonit II. 490.
Eckart'sche Trottoirsteine I. 366.
Edle Metalle II. 1.
Edelfichte I. 445.
Edeltanne I. 445.
E-Eisen II. 54. 62.
Effloreszenzen (Ziegel) I. 387.
Eibenbaum I. 448.
Eibenholz I. 448.
Eiche I. 450.
Eichenholz I. 450.
- indisches I. 451.
- ungarisches I. 451.
Eichenmaser I. 451.
Eigenschaften guter Backsteine I. 386.
Einlaughütte I. 532.
Einmalschmelzerei II. 40.
Einsumpfen I. 221.
Eintheilung des Holzes I. 478.
- - Eisens II. 4.
Eisen (Geschichtliches) II. 2.
- gediegenes II. 6.
- meteorisches II. 6.
Eisenbahnschienen II. 54. 62. 210.
- Abnützung II. 67.
- mit Feinkornkopf II. 64.
- mit Kaltbruchkopf II. 64.
- m. Puddelstahlkopf II. 64.
- mit sehnigem Kopf II. 64.
Eisenblech II. 87.
Eisendraht II. 98.
Eisenerze II. 7.
Eisen fehlerhaftes II. 52.
- faulbrüchiges II. 52.
Eisenfirniss II. 94.
Eisengewinnung II. 8.
Eisengiesserei II. 25.
Eisenglanz II 6.
Eisenglimmer II. 6.
Eisengrenadill I. 469.
Eisen, hadriges II. 52.
- homogenes II. 51.
Eisenholz I. 472.
Eisenhydroxyde II. 6.
Eisen, kaltbrüchiges II. 52.
Eisenkarburete II. 4.
Eisenkasten II. 11.
Eisenkautschuk II. 490.
Eisenkitte II. 398.
Eisenoelith I. 61.
Eisenoxyde II. 6. 467.
Eisenoxydul II. 6.
Eisenoxydhydrate II. 53.
Eisenreduktionsprozess II. 146.
Eisenroth II. 467.
Eisen, rothbrüchiges II. 52.
Eisensalze I. 513. II. 6.
Eisensand I. 103.
Eisenstahlerz II. 6.
Eisen, unganzes II. 52.
- verbranntes II. 52.
Eisen-Tabelle II. 54.
Eiserne Tragbalken II. 62.
Eisenviolett II. 468.
Eisenvitriol I. 513. II. 118.
Eisglas II. 424.
Eisklüfte I. 435.
Eiweisskitte II. 390.
Eklogit I. 26.
Elasticität des Holzes I. 556.
Elasticität der Metalle II. 168. 171.
Elasticität (Stahl) II. 80.
Elasticitätscoefficient II. 172.
Elasticitätsgrenze II. 171. 173.
Elasticitätsmodul II. 172.
Elastische Linien II. 204.
Elsebeerbaumholz I. 466.
Email II. 421.
Emailliren von Eisenguss II. 31.
Empirische Methode zur Untersuchung der Ziegelerde I. 218.
Empireumatische Stoffe I. 514.
Englisches Windfrischen II. 46.
Englischgrün II. 471.
Englischroth II. 467. 468.
Engobiren I. 365.
Enkriniten Kalkstein I. 57. 59.
Entphosphorisiren des Gusseisens II. 21.
Enzenauer Marmor I. 73.
Erblinden der Fensterscheiben II. 425.
Erbium II. 1.
Erdalkalimetalle II. 1.
Erden I. 100.
Erdgrün II. 472.
Erdharz II. 401.
Erdmehl II. 208.
Erdmetalle II. 1.
Erdpech II. 401.
Erfahrungsresultate (Ziegelmaschinen) I. 275.
Erhärtungsprozess des Luftmörtels II. 270.
Erle, gemeine I. 455.
- schwarze I. 455.
- weisse I. 456.
Erlenholz I. 455.
Erlenmaser I. 456.
Erratische Blöcke I. 101.

Erzgiesserei II. 160.
Erzmetalle II. 1.
Esche I. 454.
Eschenholz I. 455.
- ungarisches I. 458.
Eschenmaser I. 455.
Espe I. 459.
Espenholz I. 460.
Esperance (Hohofen) II. 15.
Essenmantel II. 46.
Eston (Hohofen) II. 15.
Estrichplatten I. 367.
Eurit I. 16.
Evonymus europaeus I. 466.
Extrastarkes Bauholz I. 479.

F.

Façoneisen II. 54. 62.
Façonguss (Stahl) II. 86.
Façonstein I. 371.
Fadenglas II. 424.
Fächerpalmen I. 473.
Fällen d. Holzes I. 474.
Fällzeit I. 475.
Färben des Glases II. 429.
- d. Holzes I. 549.
- (Mattiren) II. 153.
- der Ziegelwaaren I. 388.
Färbereiche II. 449.
Färberscharte II. 449.
Färberwaid II. 454.
Fäulniss I. 505.
- des Holzes I. 536.
Fagus sylvatica I. 451.
Fahlerz II. 108.
Fallbohrmaschine I. 180.
Fallproben II. 68.
Falscher Zinnober II. 467.
Falzbretter I. 482.
Falzdachziegel I. 280.
Falzziegelpresse v. Gebr. Schmerber I. 281.
Fanthosiderit II. 6.
Faraday (Glas) II. 419.
Farbe des adouzirten Eisens II. 29.
- - Bleies II. 148.
- der Gesteine I. 140.
- des Holzes I. 438.
- - Kupfers II. 122.
- - Roheisens II. 18.
- - Schmiedeeisens II. 49.
- - Stahles II. 81.
- - Zinks II. 133. 135.
- - Zinns II. 140.
Farbige Gläser II. 428.
Farbstoffe II. 443.
Farnhamsandstein I. 400.
Farren I. 423.
Faschinen I. 461.
Faschinenholz I. 484.
Fasergyps I. 79.
Fassblech II. 88.
Faulbaumholz I. 466.
Faulbrüchiges Eisen II. 52.
Fayence I. 389.
Federhärte II. 80.
Federkraft (Stahl) II. 80.
Federweiss I. 79.
Fehlerhaftes Eisen II. 52.
Feinen II. 40.
Feinfeuer II. 40.
Feinheit der Gesteine I. 165.
Feinkorneisen II. 43. 49.
Feinkornkopfschienen II. 64.
Feinkornpuddelofen II. 43.
Feinmetall II. 117.
Feldahorn I. 457.
Feldbrand I. 290.
Feldöfen (Kalk) I. 239.
Felsenbirnbaum I. 465.
Felsitporphyr I. 26.
Felsittuff I. 95.
Feldsteinporphyr I. 26.
Fenchelholz I. 472.
Fensterblei II. 148.
Fenstereisen II. 54. 61.
Fensterglas II. 422.
Fensterscheiben, gerippte II. 423.
- gewölbte II. 423.
Fensterleinen II. 500.
Fernambukholz I. 472.
Ferolia guyanensis I. 469.
Ferrocarbonat II. 6.
Festigkeit des Holzes I. 558.
- der Gesteine I. 147.
- rückwirkende I. 558.
- des Holzes gegen Zug und Druck I. 564.
- d. gebrannten Steine I. 394.
- - Metalle II. 168. 176.
- - Mörtelarten II. 330.
Festigkeitsverminderung des Eisens II. 51.
Festigkeitsmaschine v. Desgoffe I. 148.
- - Gauthey I. 148.
- - Soufflot I. 148.
- - Werder I. 148.
Fetter Kalk II. 262.
Feuerbeständigkeit d. Gesteine I. 168.
- - Thone I. 375.
Feuerung, bewegliche I. 357.
Feuerfeste Backsteine I. 375.
Feuerkitt II. 398.
Feuersetzen I. 170.
Feuerstein-Konglomerat I. 96.
Fichte, gemeine I. 444.
Fichtenholz I. 445.
Fichtenborkenkäfer I. 542.

Fichtenspinner I. 544.
Fidonia piniaria I. 544.
Filigranglas II. 424.
Findlinge I. 101.
Finnischer Holzanstrich I. 508.
Firnisse II. 478.
Firstziegel I. 275.
Fixirungswasserglas II. 432.
Flache Drahtseile II. 182.
Flacheisen II. 54.
Flachziegel I. 278.
Flamänderziegel I. 385.
Flammendolomit I. 78.
Flammenmergel I. 75.
Flammenschutzmittel I. 546.
Flammofen (Blei) II. 143.
- (Eisenguss) II. 24. 116.
- (Kupfer) II. 110. 114.
- (Zink) II. 124.
- (Zinn) II. 124.
Flanschenrohre, Normalmasse II. 34.
Flatterulme I. 454.
Fleckenschiefer I. 43.
Flickkupfer II. 120.
Fliederholz I. 466.
Fliegenholz I. 472.
Fliesen I. 367.
- enkaustische I. 391.
- emaillirte I. 391.
- persische I. 206.
- schwedische I. 53.
Flintglas II. 420.
Flintkonglomerat I. 95.
Flössen des Holzes I. 497.
Flötzformation I. 43.
Florentinerlack II. 479.
Flossholz I. 479.
Flugsand I. 103.
Flusseisen II. 5. 23. 46.
Flussschmiedeeisen II. 85.
Flusssand I. 103.
Flussstahl II. 5. 69. 73. 74.
Flurziegel I. 367.
Flyschsandstein I. 91.
Föhre I. 442.
Föhrenholz I. 442.
Förderblech II. 88.
Fontainepulver I. 187.
Formeln (Metallröhren) II. 186.
Formen (Gebläse) II. 10.
- (Guss) II. 24.
Formerei II. 27.
Formgewölbe II. 12.
Formen d. Ziegel I. 226.
Formsand I. 103.
Formsteine I. 371.
Formzacken II. 39. 41.
Forstrisse I. 435.
Fossiles Holz I. 412.
Fräsemaschine I. 502.
Frankfurterschwarz II. 476.
Franzosenholz I. 471.
Französischgrün II. 470.
Französ. Kupfer II. 120.
Französischroth II. 468.
Frauenglas I. 79.
Frauenhofer (Glas) II. 421.
Fraxinus excelsior I. 454.
- - pendula I. 455.
Frescofarben II. 478.
Frischen II. 38.
Frischarbeit II. 39.
Frischblei II. 147.
Frischbirne II. 46.
Frischfeuer II. 39. 45.
Frischheerd II. 39.
Frischen im Flammofen II. 39. 41.
Frischschmiede II. 39.
Frostbeständigkeit d. Gesteine I. 144.
Fruchtschiefer I. 43.
Fukoidensandstein I. 91.
Furnire I. 482.
Fusstrittbleche II. 93.
Fustik, alter I. 473.

G.

Gabbro I. 25.
Gährung, geistige (Holz) I. 505.
Gänge II. 39.
Galle'sche Kette II. 184.
Galmei II. 123.
Galtgrünstein I. 91.
Galvanisch verzinnen II. 31.
- verzinkte Dachplatten II. 92.
Galvanoplastik II. 121.
Gangart II. 17.
Ganzholz I. 479.
Garancin II. 465.
Garaufbrechen II. 40.
Garbe (Stahl) II. 77.
Gares Roheisen II. 19.
Garfrischen II. 48.
Gargang (Hohofen) II. 16.
Garherd II. 113.
Garnkirkthon I. 377.
Garkupfer II. 112. 115. 120.
Garmachen (Kupfer) II. 113. 115.
Garschlacke II. 115.
Garung d. Eisens II. 43.
Gartenerde I. 139.
Gasflammöfen II. 44.
Gaskalköfen II. 249.
Gasleitungsröhren (Gusseisen) II. 33.
- (Blei) II. 151.
Gasofen für Ziegel I. 342.
Gaspfeifen II. 256.
Gasringofen v. Escherich II. 256.

Gasröstofen v. Westmann II. 9.
Gasschmelzofen II. 85.
Gattiren II. 24.
Gebirgsgesteine I. 166.
Gebrannter Bolus II. 468.
- Kalk II. 258. 264.
Gebrannte künstliche Steine I. 205.
Gedeihen d. Kalkes II. 259.
Gediegenes Eisen II. 6.
- Kupfer II. 108.
Gefärbte Lackfirnisse II. 480.
Gefährlicher Querschnitt II. 197.
Gefrornes Hohlglas II. 424.
Gefüge d. Holzes I. 431.
- - Schmiedeisens II. 49.
Gegossenes Tafelglas II. 423.
Geländereisen II. 61.
Gelbbeeren II. 448.
Gelbbrennen (Messing) II. 153.
Gelberde II. 452.
Gelbe Farben II. 448.
Gelbeisenerz II. 6.
Gelbguss II. 152.
Gelbholz I. 473.
Gelbholzlack II. 448.
Gelbes Messing II. 152.
Gelbwurz II. 448.
Gelenkquarz I. 39.
Gemeine Fichte I. 444.
Gemeiner Kalkmörtel II. 263.
Gemeines Roheisen II. 19.
Gerben (Stahl) II. 77.
Gerölle I. 102.
Geruch d. Holzes I. 439.
Gervillienkalk I. 59.
Geschichtliches (Eisen) II. 2.
- (Holz) I. 412.
- (Ziegel) I. 205.
Geschiebe I. 102.
Geschlagenes Blech II. 87.
Geschmiedete Hufstäbe II. 60.
Geschmiedetes Ringeisen II. 60.
- Spanneisen II. 60.
- Stabeisen II. 60.
- Vierkanteisen II. 60.
Geschnittene Nägel II. 105.
Geschmiedete Nägel II. 102.
Geschützbronze II. 151.
Geschützstahl II. 87.
Gesimssteine I. 371.
Gestell II. 10.
Gestellstein I. 41.
Gestübbe II. 12.
Getheerte Seile II. 498.
Gewalztes Blech II. 87.
Gewalzter Federstahl II. 84.
Gewalztes Nageleisen II. 57.
- Qualität-Eisen II. 59.
Gewellte Eisenbleche II. 90.
Gewicht, absolutes, d. Gesteine I. 168.
- der Buckelplatten II. 93.
- specifisches, d. Gesteine I. 168.
- der Ausflussrohre II. 170.
- - Drahtstifte II. 106.
- - Gussstücke II. 32.
- des Glases II. 419.
- - Holzes I. 552.
- der gusseisernen Röhren II. 169.
- der Metalle II. 168.
- - Metallplatten II. 168.
- - Muffenröhren II. 159.
- - Seile II. 499.
Gewinnung der Gesteine I. 170.
- des Kupfers II. 108. 114.
- - Roheisens II. 8.
- - Stabeisens II. 37.
- - Zink II. 123.
Gewölbsteine I. 366.
Gicht II. 10. 12.
Gichtzacken II. 39. 41.
Giessen des Eisens II. 24.
Gifthütte I. 532.
Gilardoni (Dachplattenpresse) I. 281.
Ginster II. 345.
Gittereisen I. 60.
Glätte II. 147.
Glättefrischen II. 147.
Glanz des Holzes I. 439.
Glanzgrün II. 471.
Glanzkitt II. 398.
Glas II. 412.
- englisches II. 420.
- farbloses II. 419.
- französisches II. 420.
- gegossenes II. 423.
- gepresstes II. 424.
- grünes II. 422.
- halbfarbloses II. 422.
- marmorirtes II. 424.
- optisches II. 420.
- weisses II. 421.
Glasbrocken II. 417.
Glaserblei II. 148.
Glaserkitt II. 394.
Glasfabrikation II. 413.
Glasfäden II. 424.
Glasinkrustation II. 424.
Glasiren I. 388.
Glasirte Dachziegel I. 385.
Glaskopf II. 6.
Glasmalerei II. 429.
Glasmaterialien II. 416.
Glasmosaik II. 431.
Glasperlen II. 424.
Glassatz II. 416.
Glassorten II. 419.
Glasthränen II. 418.

Glasurmasse I. 385.
Glaukonitmergel I. 74.
Glaukonitsandstein I. 91.
Gleitungsfestigkeit II. 214.
Glimmerdiorit I. 22.
Glimmergneis I. 37.
Glimmermergel I. 76.
Glimmerschiefer I. 40.
Glimmersyenit I. 21.
Glimmertrapp I. 27.
Glockenbronze } II. 151. 158.
Glockenmetall }
Glockenstahl II. 87.
Glühstahl II. 71.
Gneis I. 37.
Gneisbreccie I. 94.
Gneisgranit I. 16.
Göthit II. 6.
Goffard. Ziegelpresse I. 229.
Gold II. 1.
Goldlackfirniss II. 480.
Goldroth II. 468.
Goldpurpur II. 467.
Gong-Gong II. 158.
Goniatitenkalk I. 53.
Grätzblei II. 148.
Granatbraun II. 445.
Granatillholz I. 469.
Granit I. 14.
- petit I. 55.
- porphyrartiger I. 15.
- rother orientalischer I. 15.
Granitello I. 15.
Granitmarmor I. 73.
Granitporphyr I. 16. 27.
Granulit I. 40.
Grant I. 103.
Graphit II. 476.
Graphittiegel II. 24.
Graptolithenschiefer I. 44.
Graudämpfen gebrannter Steine I. 392.
Graues Roheisen II. 5. 18. 19.
Grauwacke I. 84.
- schiefrige I. 85.
Grauwackenkalk I. 52.
- konglomerat I. 84. 94.
- schiefer I. 44. 84.
- sandstein I. 84.
Grav I. 132.
Gregg, Isaak, Ziegelmaschine I. 264.
Greisen I. 15.
Grelles Eisen II. 19.
Grenadillholz I. 469.
Grénat soluble II. 445.
Grev I. 132.
Griffelschiefer I. 44.
Griev I. 132.
Griotte d'Italie I. 54.
Grobeisenwalzwerk II. 48.
Grobkalk I. 71.
Grobmörtel II. 355.
Grünebenholz I. 468.
Grünerde II. 470.
Grüne Farben II. 469.
- Formen II. 27.
Grüner Indigo II. 470.
- Zinnober II. 472.
Grünsandstein I. 91.
Grünspan II. 472.
Grünstädter Thon I. 379.
Grünstein, basaltischer I. 32.
Grünsteinbreccie I. 95.
Grünsteinkonglomerat I. 95.
Grünsteintuff I. 95.
Gruss I. 103.
Guajakholz I. 471.
Guinand Glas II. 421.
Gummigutt II. 449.
Gummikitt II. 388.
Gurtsteine I. 366.
Gurtstifte II. 106.
Gusseisen II. 8. 18.
Gusseiserne Säulen II. 212.
Gussstahl II. 75. 87.
Gussstahl-Glocken II. 87.
- Kanonen II. 87.
Gusszink II. 129. 137.
Guttapercha II. 491.
Guttaperchafirniss II. 783.
Guttensteinerkalk I. 63.
Gyps I. 79.
- dichter I. 80.
- gebrannter II. 380.
- körniger I. 79.
Gypsabgüsse (abwaschbar) II. 383.
Gypsanstrich II. 384.
Gypsbeton II. 387.
Gypsbrennen II. 369.
Gypsbrennofen II. 370.
- v. Dumesnil II. 372.
- - Rausome II. 374.
- - Scanagatty II. 371.
- - Violet II. 376.
- - Walser II. 375.
Gypsbronziren II. 385.
Gypsestrich II. 386.
Gypshärten II. 383.
Gypsmarmor I. 403.
Gypsmörtel II. 380.
Gypsmühlen II. 377.
Gypsspath I. 79.
Gypstränken II. 383.

H.

Haberkornstein I. 92.
Hackenkette II. 184.
Hadriges Eisen II. 52.
Hämatinon II. 429.

Hämalit II. 6.
Hämatoxilin II. 457.
Haematoxylon campechianum I. 473.
Hämmerbares Gusseisen II. 29.
Härte der Gesteine I. 165.
- des Glases II. 426.
- - Kupfers II. 118.
- - Stahls II. 78.
- - Zinns II. 140.
Härten von Feilen II. 83.
- des Stahls II. 78. 83.
Häuslers Holzanstrich I. 508.
Hagebuche I. 452.
Hainbuche I. 452.
Haïti-Mahagoni I. 468.
Haken und Preisse I. 385.
Halbholz I. 479.
Halbirtes Roheisen II. 19.
Halbkohlens. Kalk II. 239.
Hallstädter Kalk I. 63.
Haloxilin I. 187.
Haltbarkeit des Holzes I. 558.
Hamburgerblau II. 459.
Hammergar II. 117.
Hammergarmachen II. 116.
Handscheidung II. 8.
Hanf II. 497.
Harmalin II. 467.
Harmalaroth II. 467.
Hartblei II. 147.
Hartfloss II. 18.
Hartguss II. 20.
Hartriegelholz I. 467.
Harzfirnisse II. 479.
Harzkitte II. 395.
Haselnussholz I. 467.
Hausenblase II. 388.
Hausschwamm I. 536.
Havannabraun II. 444.
Havanna-Mahagoni I. 468.
Hebelmaschinen für Formen v. Ziegeln I. 229.
Heinrichshütte II. 15.
Heraklin I. 452.
Herd (Hohofen) II. 10.
Herdfrischen II. 39.
Herdguss II. 27.
Hermelinpalme I. 474.
Hertel, Ziegelmaschine I. 246.
Hessischer Thon I. 380.
Hess, Ziegelpresse I. 261.
Hierlatzer Kalkstein I. 65.
Hilssandstein I. 91.
Hinterzacken II. 41.
Hippsche Fallbohrmaschine I. 480.
Hirnholz I. 433.
Hispanola-Mahagoni I. 468.
Hohlglas II. 425.
Hohlziegel I. 275. 368.
Hohlziegel mit geschlossenem Kopfe I. 370.
- senkrecht durchbohrte I. 371.
Hohofen v. Büttgenhach II. 13.
Hohofenbetrieb II. 8. 10. 16.
- dimensionen II. 15.
- gestalt II. 10. 13.
- schlacke (Verwendung) II. 35.
Hollunderholz I. 466.
Holwintotith I. 69.
Holz I. 412.
Holzbiegmaschine I. 502.
Holzbirnbaum I. 465.
Holzbohrmaschine I. 502.
Holzessig I. 514.
Holsessigsaures Eisenoxydul I. 513.
- Zinkoxyd I. 514.
Holzfaser I. 422.
Holzfarben I. 549.
Holzfirniss I. 508.
Holzgewebe I. 418.
Holzhobelmaschine I. 502.
Holzkonserviranstalt I. 520. 532.
Holznagel II. 103.
Holzsporen I. 423.
Holzquerschnitte I. 418. 424.
Holzschwamm I. 536.
Holzstoff I. 551.
Holztheer I. 515.
Holzwespe I. 544.
Holzzellen I. 418.
Holzzeug I. 551.
Homogenes Eisen II. 51.
Honduras-Mahagoni I. 468.
Hornbaum I. 452.
Hornblendefels I. 23.
- gestein I. 21.
- gneis I. 37.
- granit I. 15. 21.
- schiefer I. 42.
Hornstein I. 39.
Hornsteinporphyr I. 26.
House preservatory I. 543.
Hülfsbahnschienen II. 54. 61.
Hülfsmaterialien II. 413.
Hürden (Hohofen) II. 15.
Hufstäbe II. 54.
Humificirung (Holz) I. 505.
Huntsmannstahl II. 73.
Hydraulischer Kalk II. 262.
- Mörtel II. 263.
Hydraulische Presse (Ziegelfr.) I. 150.
Hydroplastische Steine II. 357.
Hygroskopische Eigenschaft des Holzes I. 485.
Hylesinus I. 542.
- piniperda I. 542.

I.

Jahresgrenze I. 431.
Jahrringe I. 429.
Jakarandaholz I. 469.
Jamaika-Mahagoni I. 468.
Japanesisches Kupfer II. 120.
Japanischer Lack II. 481.
Jaspis I. 39.
Ilex aquifolia I. 466.
Imitation von Sandstein und Granit I. 403.
Imprägniren I. 514.
Imprägnirkessel I. 533.
- verfahren I. 518.
Indigo II. 455.
- grüner II. 472.
Indische Eiche I. 451.
Indischer Stahl II. 75.
Indischroth II. 468.
Indium II. 1.
Infusorienerde I. 106.
Ingoteisen II. 5.
- stahl II. 5.
Inoceramenmergel I. 76.
Jodblei II. 452.
Jodbraun II. 473.
Jordan, Ziegelmaschine I. 225.
Iridium II. 1.
Itakolumit I. 39.
Italienische Kiefer I. 443.
- Pappel I. 459.
Judenpech II. 401.
Juglans regia I. 462.
Julienne, Ziegelpresse I. 230.
Jungfernblei II. 143. 148.
Juniperus virginiana I. 449.
Jurakalk I. 61.
- rother I. 66.
Ittrium II. 1.

K.

Kadmium II. 1.
Kadmiumgelb II. 451.
Käsekitte II. 390.
Kaiserpalme I. 474.
Kalibleiglas II. 420.
Kaliglas II. 419.
Kalikalkglas II. 419.
Kalinatronkalkglas II. 420.
Kalium II. 1.
Kaliwasserglas II. 432.
Kalk II. 237. 264.
- dolomitischer I. 77.
Kalkblau II. 355.
Kalkbrei II. 260. 264.
Kalkbrennen II. 237.
Kalkerde II. 237.
Kalkgrube II. 260.
Kalkgrün II. 472.
Kalkhydrat II. 259.
Kalkkasten II. 260.
Kalkkrücke II. 260.
Kalknierenschiefer II. 53.
Kalkmergel I. 74. 129.
Kalkmergelerde I. 129.
Kalkmilch II. 260.
Kalkmörtel II. 229. 262.
Kalklöschen II. 260.
Kalkofen II. 240.
- kontinuirlicher II. 245.
- von Escherich II. 256.
- - Fahnejelm II. 254.
- - Fink II. 243.
- - Hoffmann II. 248.
- liegender 241.
- münchener 242.
- von Nehse II. 355.
- rheinischer 244.
- von Rüdersdorf II. 246.
- - Siemens II. 249.
- - Steinmann II. 249.
- - Swann II. 251.
Kalksand I. 103.
Kalksandziegel I. 396.
Kalksandziegelpresse I. 396.
Kalkschiefer I. 61.
Kalksteine I. 47.
- dichte I. 52.
- glaukonitische I. 60.
- krystallinische I. 48.
Kalksteinbreccie I. 98.
Kalksteinkonglomerat I. 98.
Kalksteinschiefer I. 48.
Kalktuff I. 98.
Kalkwasser II. 260.
Kalkweiss II. 447.
Kaltbrüchiges Eisen II. 52.
- Kupfer II. 119.
Kaltbruchkopfschiene II. 64.
Kalzinirflammofen II. 114.
Kambiumschicht I. 430.
Kaminsteine I. 366.
Kamptulikon II. 490.
Kampescheholz I. 473.
Kanonenbronze II. 157.
Kanonengut II. 151.
Kanonenmetall II. 157.
Kantholz I. 478.
Kaolin I. 123.
- geschlämmt I. 378.
Karbolsäure I. 514.
Karbonisiren I. 511.
Karmin II. 462.
Karminlack II. 462.
Karnaubapalme I. 474.
Karpathensandstein I. 91.
Kaseïnkitte II. 391.

Kaseïnwasserglaslösung II. 391.
Kasselerblau II. 459.
Kasselergelb II. 452.
Kasselerbraun II. 474.
Kastanie, wilde I. 463.
Kastanienbaum I. 462.
Kastanienbaumholz I. 462.
Kastner'sches Mittel I. 538.
Kaufblei II. 148.
Kaufzink II. 129.
Kautschuk II. 486.
- vulkanisirter II. 488.
Kautschukfirniss II. 482.
Kautschukfischbein II. 489.
Kenee's Cement I. 406.
Kermes II. 462.
Kern (Modell) II. 28
Kernfäule I. 435.
Kernholz I. 432.
Kernschacht II. 10.
Kernschäle I. 436.
Kesselbleche II. 90.
Ketten II. 183.
Kettentau II. 183.
Keupermergel I. 75.
Keupersandstein I. 87.
- mittlerer I. 88.
- oberer I. 88.
- unterer I. 88.
Kiefer I. 442.
Kiefernborkenkäfer I. 542.
Kiefernraupe I. 544.
Kiefernspanner I. 544.
Kiefernzweigbastkäfer I. 542.
Kiene I. 442.
Kienruss II. 475.
Kies I. 103.
Kieselgalmei II. 123.
Kieselguhr I. 106.
Kieselkalkstein I. 73.
Kieselsandstein I. 89.
Kieselsaure Eisensalze II. 7.
Kieselschiefer I. 39.
Kirschbaum I. 464.
Kirschbaumholz I. 464.
Kimmeridgeclay I. 113.
Kitte II. 233.
Klaubarbeit II. 8.
Klaviersaiten II. 99.
Klay I. 119. 131.
Kleinbauholz I. 479.
Kleineisen II. 88.
Klingstein I. 30.
Klinker I. 365.
Klinkerstrassen I. 366.
Knatz-Boden I. 132.
Knick-Boden I. 131.
Knistergold II. 155.
Knotenerz II. 141.
Knotenschiefer I. 42.
Kobalt II. 1.
Kobaltblau II. 458.
Kobaltgrün II. 473.
Kobaltroth II. 468.
Kobaltultramarin II. 458.
Kochsalz I. 517.
Koefficienten für Druck II. 176.
- für Zug II. 176.
Kölnerbraun II. 474.
Kölnische Umbra II. 474.
Königsgelb II. 451.
Königsholz I. 471.
Königshütte II. 15.
Körnerzinn II. 140.
Kohlenkalk I. 57.
Kohlensack II. 10.
Kohlensandstein I. 85.
Kohlensaures Bleioxyd II. 141.
- Eisenoxydul II. 53.
Kohlenschiefer I. 126.
Kohlpalme I. 474.
Kohlung II. 8. 16. 17.
Kolben II. 48.
Koliaturholz II. 466.
Kolorin II. 465.
Kompositionsanstrich I. 508.
Konglomerate I. 93.
Konkret II. 364.
Konkretbau II. 364.
Koncentrationsschmelzen II. 111. 115.
Koncentrationsstein II. 111. 115.
Korallenkalkstein I. 52.
Korallin II. 445.
Korbweide I. 461.
Kornelkirschenbaumholz I. 466.
Korkeiche I. 451.
Kräuterschiefer I. 126.
Krankheiten des Holzes I. 434.
Kranztau II. 500.
Krapp II. 464.
Krappblumen II. 465.
Krebs I. 435.
Kreide I. 70.
Kreidemergel I. 70. 75.
Kreissäge I. 501.
Kremserweiss II. 342.
Kreosot I. 515.
Kreosotiranstalt I. 529. 533.
Kreuzblech II. 88.
Kreuzdornholz I. 466.
Kreuzholz I. 479.
Kreye'scher Oelcement II. 391.
Krinoidenkalkstein I. 52.
Kronglas (echtes) II. 419. 421.
Kropf I. 435.
Krummstroh II. 500.
Krystallglas, böhmisches II. 419.
- englisches II. 420.

Krystallinischwerden (Eisen) II. 50.
Künstliche hydraul. Kalke II. 306.
Künstliche Patina II. 159.
Künstlicher Marmor I. 402.
- Sandstein I. 408.
- Stein von Dumesnil I. 408.
Künstliches Trocknen (Holz) I. 491.
Kuffsteiner Portland-Cement II. 298.
Kugeldiorit I. 22.
Kunststeingiesserei I. 400.
Kupfer II. 107.
Kupfer (Geschichtliches) II. 107.
Kupfererze II. 108.
Kupferblau II. 459.
Kupferbleche II. 120.
Kupferdraht II. 121.
Kupferdruckerschwarz II. 476.
Kupferfarbe II. 122.
Kupferglanz II. 108.
Kupfergrün II. 471.
Kupferhammerschlag II. 120.
Kupferkies II. 108.
Kupferlasur II. 108.
Kupferlegirungen II. 151.
Kupfernägel II. 122.
Kupolofen II. 25.
- von Ireland II. 26.
- von Krigar II. 26.
Kupferschiefer I. 74.
Kupfervitriol I. 513. II. 111. 117.
Kurzes geschmiedetes Reifeisen II. 59.
Kurzes gewalztes Reifeisen II. 59.
Kyanisiranstalt I. 513. 532.
Kyanisiren I. 513.

L.

Lac Dye II. 462.
Lack II. 479.
Lackfarben II. 444.
Lackfirnisse II. 479.
Lackmus II. 454.
Lackmuspapier II. 455.
Lackmustinktur II. 455.
Lärchenbaum I. 446.
- weisser I. 447.
Lärchenbaumholz I. 446.
Lagermetall II. 151. 166.
Lambairde I. 73.
Lammeneisen II. 60.
Lampenstein I. 50.
Landschneckenkalk I. 73.
Langholz I. 433. 487.
Lanthan II. 1.
Lapilli I. 36.
Larix cedrus I. 446.
- europaea I. 446.
Lascheneisen II. 61.
Lastketten II. 183.
Lasurblau II. 459.
Lasurfarben II. 443.
Latten I. 482.
Lattennägel II. 104.
Lattstämme I. 479.
Laubhölzer I. 423.
Laurus Sassafras I. 472.
Lava I. 36.
Lavaströme I. 36.
Lawsonia II. 466.
Lebendiger Kalk II. 208.
Leden I. 131.
Legirungen II. 151.
- aus Kupfer u. Zink II. 151.
- - - - Zinn II. 156.
- - Zinn u. Phosphor II. 162.
Legschindeln I. 483.
Lehm I. 130.
Lehmestrich II. 229.
Lehmguss II. 27.
Lehmmörtel II. 227.
Lehmputz II. 228.
Lehmsteine aus nasser Erde I. 269.
- aus trockener Erde I. 270.
Leichtmetalle II. 1.
Leimen I. 130.
Leimkitte II. 388.
Leimweiss II. 446.
Leinölfirniss II. 478.
Leisteneisen II. 54. 61.
Leistennägel II. 104.
Leistungen der Ziegelmaschine I. 267.
Leithakalk I. 72.
Leithenerblau II. 458.
Leoptosephos I. 28.
Lesekalk II 237.
Leth I. 131.
Letten I. 111. 130.
Lettenkohlensandstein I. 88.
Letternholz I. 472.
Leuzittuff I. 97.
Liaskalk I. 60.
Liasmergel I. 75.
Liassandstein I. 89.
Liegende Kalköfen II. 240.
Lignin I. 428.
Lignum citreum I. 470.
- regium I. 471.
- Rhodii I. 464.
- sanctum I. 471.
Ligusterholz I. 467.
Ligustrum vulgare I. 467.
Limakalk I. 59.
Limnoquarzit I. 39.
Limnoria terebrans I. 543.
Limonit II. 6.
Linde grossblätterige I. 458.
- kleinblätterige I. 458.
Lindenholz I. 459.
Liparis monacha I. 544.

Lipidinblau II. 445.
Lithium II. 1.
Lithofrakteur I. 186.
Lithographirsteine I. 62.
Litholyd II. 496.
Litorinellenkalk II. 72.
Lölling (Hohofen) II. 15.
Löschbank II. 260.
Löschen des Kalks II. 260.
Löss I. 117. 129.
Löth I. 132.
Lohe (Hohofen) II. 8.
Lohsteine I. 367.
Lo-Kao II. 470.
Londonthon I. 115.
Londonclay I. 115.
Lorbeerweide I. 461.
Loriot'scher Mörtel II. 274.
Lose Gesteine I. 100.
Luca della Robbia I. 389.
Luckiges Eisen II. 18.
Lucullan I. 51.
Luftmörtel II. 263.
Lufttrocknen (Ziegel) I. 490.
Lufttrockenes Holz I. 485.
Lumachella Castracana. I. 56.
- von Narbonne I. 57.
- von Lucyle Bois I. 57.
Lumachell, grau-braune I. 56.
Lumachell-Marmor I. 54
Luppe II. 40.
Luppenfrischarbeit II. 37.
Luppenquetscher II. 48.
Lychnitis I. 50.
Lydit I. 39.
Lyditkonglomerat I. 95.

M.

Madeira-Mahagoni I. 468.
Magdalaroth II. 445.
Magerer Kalk II. 261.
Magernde Substanzen I. 219.
Magnesia (hydraul.) II. 302.
Magnesium II. 1.
Magnesiacement I. 402.
Magneteisen II. 7.
Mahagonibaum I. 467.
Mahagoniholz I. 467.
- weisses I. 468.
- holländisches I. 468.
- weibliches I. 468.
Mahalebkirsche I. 464.
Majolika I. 389.
Malachit II. 108.
Malachitgrün II. 471.
Malergold II. 453.
Malakkazinn II. 140.
Malapane (Hohofen) II. 15.
Maltha II. 232.
Malzdarrenblech II. 120. 121.
Mandelweide I. 461.
Mangan II. 1.
Manganbraun II. 474.
Manganbronze II. 164.
Manganlegirungen II. 164.
Mansfeld'scher Ofen II. 111.
Mantel (Hohofen) II. 10.
- (Modell) II. 28.
Marbel Campan I. 56.
- beau Languedoc I. 55.
- rouge sanguin I. 55.
Marieluisenblau II. 461.
Marienglas I. 79.
Marienhütte II. 65.
Marineleim II. 397.
Mark I. 430.
Markflecken I. 430.
Markgrafenstein I. 101.
Markstrahlen I. 429.
Markwiederholungen I. 430.
Marmo africano I. 55.
- africano fiorito I. 55.
- arlechino I. 55.
- Bigio I. 56.
- Bigio morato I. 56.
- brecciato I. 53. 98.
- breccia Pavonazza I. 57.
- Breccia dorata I. 55.
- Brocatellone I. 55.
- canella I. 56.
- cipolazzo I. 54.
- cotonello I. 54.
- di sette basi I. 54.
- di Porta santa I. 55.
- di seme santo I. 55.
- Fior di Persico I. 54.
- fiorito I. 55
- giallo annulato I. 54.
- - antico I. 54.
- - brecciato I. 54.
- - e nero I. 54.
- - pagliocco I. 54.
- nero d'Egitto I. 56.
- ner' e bianco antico I. 57.
- Occhio di Pavona I. 55. 56.
- Occhio di Pernice I. 56.
- Palombino I. 54.
- Paragone I. 57.
- Pavonazzo I. 54.
- Pecorella I. 54.
- Pidocchioso I. 56.
- Punichiello I. 55.
- Rezziato I. 54.
- rosso annulato I. 55.
- rosso antico I. 54.
- Serpentelo I. 54.
- Vendurino I. 55.
- verde pagliocco I. 55.

Marmo violetta antica I. 56.
Marmor, alabandischer I. 52.
- antiker I. 49.
- arabischer I. 50.
- attischer I. 50.
- blankenburger I. 56.
- blauer I. 56.
- brabantischer I. 27.
- brauner I. 56.
- campanischer I. 55.
- cappadocischer I. 50.
- deutscher I. 57.
- dendritischer I. 54.
- Enzenauer I. 73.
- gelber I. 54.
- grauer I. 51. 56.
- grüner I. 55.
- hymettischer I. 50.
- künstlicher I. 402.
- lukullischer I. 52.
- lydischer I. 52.
- moderner I. 49.
- Neubeurer I. 73.
- parischer I. 50.
- pentelischer I. 50.
- phrygischer I. 51.
- prokonensischer I. 50.
- rother I. 54.
- salischer I. 50.
- schwarzer I. 56.
- schwedischer I. 56.
- thasischer I. 50.
- tenarischer I. 52.
- violetter I. 56.
- von Barbasan I. 57.
- von St. Bear I. 57.
- von Chios I. 50.
- von Cosne I. 55.
- von Moulins I. 55.
- von Roquebrune I. 55.
- von Tegernsee I. 67.
- weisser I. 54.
Marmorcement I. 406.
Mormorirtes Glas II. 424.
Marmormosaikplatten I. 401.
Marsbraun II. 453.
Marsgelb II. 453.
Marsorange II. 453.
Marsroth II. 468.
Martiusgelb II. 445.
Martinsstahl II. 64.
Martit II. 6.
Maschinen für Ziegelformen I. 228.
- - - mit Handbetrieb I. 229.
- für nasse Ziegelerde I. 240.
- - trockene Ziegelerde I. 253.
Maschinennägel II. 105.
Maschinenstahl II. 84.
Maserholz I. 436.
Masselstahl II. 49.
Massenguss II. 27.
Massikot II. 451.
Mastbuche I. 451.
Mastix II. 390.
Mastix-Cement I. 538.
Mastix-Serbat II. 390.
Masttanne I. 445.
Materialeisen II. 54. 60.
Mattiren (Messing) II. 153.
Mauerfrass I. 387.
Mauerrohr II. 502.
Mauerspeise II. 262.
Mauerstein I. 364.
Maxhütte II. 65.
Mayer, Gussstahlglocken II. 87.
Mechanische Analyse (Lehm) I. 217.
Medaillen (Bronze) II. 157.
Medina-Cement II. 327.
Mehlbeerbaumholz I. 466.
Meiler (Ziegelbrennen) I. 290.
- Kalkbrennen II. 239.
- Gypsbrennen II. 369.
Melaphyr I. 28.
- Mandelstein I. 28.
- Porphyr I. 28.
Mennige II. 469.
Mergel I. 74.
Mergelerde I. 138.
Mergelgestein I. 129.
Mergelkalk II. 237.
Mergelschiefer I. 58. 75.
Mergelthon I. 119. 129.
Merulius destruens I. 536.
- lacrimans I. 536.
Messing II. 151.
Messingbleche II. 154.
Messingbrennofen II. 151.
Messingdraht II. 155.
Messingfabriken II. 156.
Messschnüre II. 500.
Metaline II. 167.
Metalle II. 1.
Metalllava I. 408.
Metallpappe II. 496.
Metallröhren II. 186.
Metallsalze (Imprägniren) I. 512.
Metallstein II. 117.
Meteorisches Eisen II. 6.
Mettlacher Platten I. 391.
Mezza Majolika I. 389.
Michio di Seravezza I. 52.
Millefleurglas II. 424.
Miloryblau II. 461.
Minen I. 175.
- geätzte I. 174.
- sprengung I. 176.

Mineralbister II. 474.
Mineralblau II. 355.
Mineralgrün II. 471.
Mineralschwarz II. 476.
Mineralweiss II. 344.
Minette I. 27.
Mischungsverhältnisse (Mörtel) II. 264. 266. 268.
Mispel I. 465.
- baumholz I. 465.
Mispilus germanica I. 466.
Mittelbauholz I. 479.
Mittelbretter I. 482.
Mönchsberg (Thon) I. 380.
Mörtel (Geschichtliches) II. 227.
Mörtelarten II. 227.
Mörtel von Dr. Artus II. 276.
- von Loriot II. 274.
Mörtelfabrik II. 262.
Mörtelmaschinen II. 262.
Mössinözisches Erz II. 123.
Molassesandstein I. 92.
Molybdän II. 1.
Molybdänblau II. 461.
Mondglas II. 422.
Mondringe I. 435.
Montpelliergelb II. 453.
Moos II. 502.
Morgenländischer Bolus II. 468.
Morsches Holz I. 435.
Morus tinctoria I. 473.
Mosaikglas II. 424.
Mosaikplatten I. 391.
Moschusbirke I. 458.
Mühlhofen (Hohofen) II. 15.
Mühlheimer Thon I. 379.
Mühlnägel II. 104.
Münchener Doppel-Ziegelofen I. 291.
Münchener Kalkofen II. 242.
Münzen (Bronze) II. 157.
Muffeln II. 125.
Muffelofen II. 126.
Murexid II. 467.
Muschelgold II. 453.
Muschelkalk I. 58. II. 237.
- plattiger I. 63.
Muschelmarmor I. 65.
Mushet's Stahl II. 76.
Musselinglas II. 424.
Mustereisen II. 54.
Musterdrähte II. 122. 155.
Mutterlauge I. 577.
Mycothanaton I. 539.

N.

Nachlaufen II. 80.
Nachtfaserpilz I. 434.
Nadelhölzer I. 423. 441.
Nägel II. 87. 102.
Nagelflue I. 100.
Naphtalinblau II. 445.
Naphtalinviolett II. 445.
Natrium II. 1.
Natronglas II. 420.
Natronkalkglas II. 420.
Natronwasserglas II. 432.
Natürliche hydraul. Kalke II. 294.
Napoleongrün II. 471.
Naturholztapeten I. 550.
Neapelgelb II. 450.
Neapelroth II. 468.
Nebenmaterialien II. 411.
Neogen II. 165.
Nerineenkalksteine I. 67.
Nero di Prato I. 24.
Neubeurer Marmor I. 73.
Neugelb II. 451.
Neusilber II. 165.
Neutrale Faser II. 196.
Neuweiss II. 447.
Nickel II. 1. 76.
Nickelmünzen II. 166.
Niederpleis (Thon) I. 330.
Niederschlagsarbeit II. 146.
Nierenkalkstein I. 53.
Nieten II. 216.
Niobium II. 1.
Nitrolin I. 188.
Nonne I. 544.
Nördlinger's Holzquerschnitte I. 418.
Norium II. 1.
Nürnbergerroth II. 468.
Nummulitenkalk I. 72.
Nummulitensandstein I. 92.
Nussbaum I. 462.
Nussbaumholz I. 462.
Nutzholz I. 484.
Nyctomyces candidus I. 434.

O.

Oates, Ziegelmaschine I. 259.
Oberflächenhärtung II. 83.
Obergestell II. 10.
Obsidian I. 31.
Oelbaum I. 471.
Oelfarben II. 477.
Oelfirnisse II. 478.
Oelgrün II. 471.
Oelkitte II. 345.
Oelschiefer I. 74.
Oelweiss II. 446.
Oesterreichischer Zinnober II. 467.
Ofenmundstahl II. 70.
Olea americana I. 472.
- europaea I. 471.
- laucea I. 472.
- puniculata I. 472.
- undulata I. 472.

Olivenholz I. 471.
Omphacit I. 26.
Onyx I. 82.
Oolithkalk I. 61.
Ophicalcit I. 24. 48.
Ophioxylon serpentinum I. 472.
Ophit I. 24.
Optisches Glas II. 42.
Organischer Bau (Holz) I. 418.
Orlean II. 450.
Orthoceratitenschiefer I. 44.
Orseille II. 465.
Orseillekarmin II. 465.
Orseillepurpur II. 465.
Orthoklasporphyr I. 21.
Ornatenthon I. 114.
Osmium II. 1.
Ottrolithschiefer I. 42.
Ovaleisen II. 61.
Oxfordthon I. 113.

P.

Packete (Schweissen) II. 49. 77.
Palisanderholz I. 469.
Palisanderpalme I. 474.
Palissy I. 389.
Palladium II. 1.
Palmen I. 429.
Palmenholz I. 473.
Palmitopalme I. 474.
Palmyrapalme I. 473.
Pampelage I. 491.
Pappel I. 459.
- italienische I. 459.
Pappelbirke I. 458.
Pappelholz I. 460.
Paraffin I. 515.
Parakautschuk II. 486.
Parenchym I. 419.
Parian I. 391.
Pariancement I. 407.
Pariserblau II. 460.
Pariserlack II. 463.
Parke's Prozess (Blei) II. 147.
Patentgelb II. 453.
Patent-Zündschnüre I. 173.
Patina II. 158.
- künstliche II. 159.
Pattinsoniren II. 147.
Pauschen II. 77. 139.
Pechstein I. 30.
Pechsteinporphyr I. 29. 31.
Pegmatit I. 15.
Peperino I. 96.
Perlit I. 31.
Perlstein I. 31.
Permanentweiss II. 447.
Permeabilität I. 167.
Persio II. 465.
Persische Fliesen I. 388.
Persischroth II. 468.
Perusilber II. 165.
Petroleum I. 538.
Pfahltau II. 500.
Pfahlwurm I. 543.
Pfannenblech II. 120. 121.
Pfeifenthon I. 124.
Pflastersteine I. 367.
Pflaumenbaum I. 464.
Pflocksprengen I. 189.
Pfosteneichen I. 483.
Phaleodea I. 544.
Phonolith I. 30.
Phonolith-Konglomerat I. 96.
Phosphorbronze II. 162.
Phosphorhaltige Eisenerze II. 162.
Phosphorsaure Eisensalze II. 7.
Phönix dactylifer I. 474.
Phyllit I. 42.
Physikal. Eigenschaft. d. Thons I. 132.
- - - Holzes I. 554.
Pickeln II. 120.
Picrania amara I. 472.
Pièces rustiques I. 389.
Pierre de Liais I. 72.
- de Roche I. 72.
- perdue I. 399.
Pikrinsäure II. 445.
Pikrinsaures Kali I. 187.
Pilz'scher Ofen II. 111.
Pimpernussholz I. 467.
Pimplemetall II. 117.
Pimplestein II. 117.
Pinienkiefer I. 443.
Piniola I. 443.
Pinus cembra I. 443.
- pinaster I. 443.
- pinea I. 443.
- strobus I. 443.
- sylvestris I. 442.
- Taedea I. 443.
Platane I. 463.
Platin II. 1.
Platiren der Ziegelwaaren I. 390.
Plattenkalk I. 61.
Plänersandstein I. 91.
Pochkäfer I. 542.
Pockenholz I. 471.
Polderboden I. 131.
Polirroth II. 468.
Politrichum commune II. 502.
Politur (Glas) II. 423.
- (Steine) I. 200.
- (Stuckmarmor) I. 404.
- (Stukolustro) I. 406.
Politurfähigkeit (Gesteine) I. 165.
Polixanderholz I. 469.
Pollack, Ziegelmaschine I. 273.

Polsterstifte II. 106.
Pontonblech II. 88.
Populus alba I. 459.
- balsamifera I. 460.
- italica I. 459.
- nigra I. 459.
Poröse Ziegel I. 368.
Porfido rosso antico I. 27.
- verde antico I. 23.
Porphyr I. 26.
- rother I. 27.
- quarzfreier I. 27.
- schwarzer I. 28.
Porphyrbreccie I. 95.
Porphyrkonglomerat I. 95.
Porphyrites I. 28.
Porphyrschiefer I. 29.
Porphyrtuff I. 95.
Portor I. 57.
Portlandcement, engl. II. 307.
- Brennen II. 310.
- v. Kuffstein II. 298.
Portlandcementmörtel II. 320.
Porzellan I. 391.
Porzellanerde I. 123.
Posidonyenschiefer I. 45.
Preisse I. 385.
Probebelastung (Ketten) II. 184.
Profilsteine I. 371.
Prosenchym I. 419.
Protogyn I. 15.
Protogyngneis I. 37.
Providence Mahagoni I. 468.
Prüfen (Eisenbahnschienen) II. 65.
- des Stabeisens II. 68.
- des Stahls II. 82.
Prunus avium I. 464.
- cerasus I. 464.
- domestica I. 464.
- mahaleb I. 464.
- spinosa I. 467.
Psammometer II. 265.
Ptinoidea I. 542.
Puddeln II. 39. 41.
Puddelofen II. 42.
Puddelstahl II. 71.
Puddelstahlschiene II. 64.
Puddingstein I. 95.
Pulverholz I. 466.
Puzzolane I. 96. II. 289.
Puzzolanerde I. 97.
Purpur II. 462.
Purpurcarmin II. 467.
Pterocarpus santalinus I. 470.
Pyramiden-Pappel I. 459.
Pyrite I. 10.
Pyrolith I. 188.
Pyronon I. 187.
Pyrrhosiderit II. 6.
Pyrus amelanchier I. 465.
- aria I. 466.
- comunis I. 465.
- malus I. 465.
- pynaster I. 465.
- torminalis I. 466.

Q.

Quadersandstein I. 90.
Quadratpappe II. 494.
Quarzbreccie I. 38. 94.
Quarzfels I. 38.
Quarzkonglomerat I. 38. 94.
Quarzpsammite I. 83.
Quarzsand I. 103.
Quarzite I. 38.
Quassia simaruba I. 472.
Quecksilber II. 1.
Quecksilbersublimat I. 513.
Quellen des Holzes I. 484.
- des Portland-Cementes II. 315.
Quellsand I. 103.
Quercitron II. 449.
Quercus pedunculata I. 450.
- robur I. 450.
- suber I. 451.
Querholz I. 433.
Querschnitte (eiserne Träger) II. 198.

R.

Raffiniren II. 40. 148.
- Stahl II. 77.
- Blei II. 148.
Raffinirtes Blei II. 148.
Raimondsblau II. 461.
Rammtau II. 500.
Ransome's Kunststein I. 401.
Raschette'scher Ofen II. 15.
Raseneisenstein II. 6. 7. 8.
Rast II. 10.
Rauhkalk I. 77.
Rauhschacht II. 10.
Raupenfrass I. 545.
Rauschgelb II. 450.
Rauschgold II. 155. 469.
Rauhwacke I. 58. 77.
Realgar II. 469.
Reduktion der Erze II. 16.
Regeneriren (Stahl) II. 82.
Regulusstein II. 117.
Reife des Holzes I. 440.
Reifeisen II. 54.
Reinband II. 497.
Reinblei II. 148.
Reissen des Holzes I. 487.
Reinhanf II. 497.
Relative Festigkeit des Holzes II. 558.
- - der Metalle II. 196.
Rennarbeit II. 37.

Rhamnus catharticus I. 466.
- frangula I. 466.
Rheinische Schwemmsteine I. 407.
Rhodium II. 1.
Rhynchomyces violaceus I. 433.
Riechbirke I. 458.
Riegeleichen I. 483.
Riegelhölzer I. 482.
Riemlinge I. 481.
Riesel I. 103.
Rinde I. 440.
Ringeisen II. 54.
Ringfäule I. 435.
Ringketten II. 183.
Ringklüfte I. 436.
Ringschäle I. 436.
Rinnenblech II. 120. 121.
Röhren (innerer Druck) II. 187.
Röhrig & König, Ziegelmaschine I. 253.
Römische Dachziegel I. 385.
Röst- und Reduktionsprozess II. 145.
Röstschachtofen II. 9.
Röst- und Schmelzprozess II. 142.
Röststadel II. 9.
Rösten der Erze II. 9. 114.
Röstgut (Kupfer) II. 111.
Röthelschiefer I. 112.
Rohaufbrechen II. 40.
Rohcementstahl II. 72.
Roheisen II. 4. 8. 18.
Roheisengänze II. 39. 41.
Rohfrischen II. 40. 48.
Rohkupferschmelzen II. 112.
Rohmessing II. 152.
Rohr II. 501.
- spanisches I. 474.
Rohrnägel II. 104.
Rohrstifte II. 106.
Rohschmelzen II. 111. 144.
Rohstahl II. 71.
Rohstahlfabrikation II. 71.
Rohstein II. 111.
Rollenpappe II. 494.
Rollkupfer II. 120.
Rollmessing II. 155.
Rollwagenräder II. 61.
Romancement II. 236.
- englischer II. 294.
Rosenholz I. 469.
Rosetten II. 113.
Rosettenherd II. 113.
Rosettenkupfer II. 112. 120.
Rosskastanie I. 463.
Rosso antico I. 54.
Rosten (Stabeisen) II. 53.
- (Stahl) II. 82.
Rostkitte II. 398.
Rotang I. 474.
Rothbuche I. 451.
Rothbrüchiges Eisen II. 52.
Rothbrüchiges Kupfer II. 119.
Rothebenholz I. 469.
Rothe Bronze II. 120.
Rothe Farben II. 462.
Rotheisenstein II. 6.
Rother Marmor I. 54.
- Sandstein I. 86.
Rothfäule I. 434.
Rothfäulepilz I. 434.
Rothfäuleschimmel I. 434.
Rothguss II. 152.
Rothholz I. 473. II. 466.
Rothkupfererz II. 108. 117.
Rothliegendes I. 86.
Rothmessing II. 152.
Rothtanne I. 444.
Rotirender Puddelofen II. 44.
- - von Danks & Siemens II. 44.
Rouge sanguin I. 55.
Rubidium II. 1.
Rudistenbreccie I. 68. 98.
Rückwirkende Festigkeit:
- Gesteine I. 159.
- Backsteine I. 395.
- Holz I. 558.
- Metalle II. 174.
Rüdersdorfer Kalkofen II. 246.
Rüster I. 453.
Rüststränge II. 500.
Ruinenmarmor I. 63. 68.
Rundeisen II. 54. 57.
Runde Drahtstifte II. 182.
Rundholz I. 478.
Rundstahl II. 102.
Russ II. 475.
Ruthenium II. 1.

S.

Saarer Thon I. 377.
Sachsenberger Ziegelmaschine I. 243.
Sägebaum I. 479. 487.
Säge-Blöcke I. 483.
Sägemaschine I. 502.
Sägemühle I. 500.
Sägen des Holzes I, 501.
- des Marmors I. 199.
Sägewerk I. 534.
Säuleneisen II. 61.
Safran II. 449.
Saftfarben II. 443.
Safflor II. 449.
Saftgrün II. 469.
Saftgehalt (Holz) I. 427.
Saalweide I. 461.
Saigern II. 139.
Salix I. 360.

Salix acuminata I. 461.
- alba I. 460.
- amygdalina I. 461.
- caprea I. 461.
- pentranda I. 461.
- viminalis I. 461.
- vitelina I. 461.
Salzsohle I. 517.
Salzthon I. 113.
Sambucus nigra I. 466.
Sand I. 103. II. 264.
Sandformen II. 27.
Sandmergel I. 74.
Sandix II. 451.
San Domingo Mahagoni I. 468.
Salviati Glasmosaik II. 431.
Sandguss II. 27.
Sandstein I. 83.
- biegsam I. 39.
- bunter I. 86.
- eisenschüssiger I. 86.
- kalkiger I. 83.
- kieseliger I. 83.
- mergeliger I. 83.
- rother I. 83. 86.
- thoniger I. 83.
Sandsteinschiefer I. 84.
Santalin II. 466.
Santalum album I. 470.
Santa Marthaholz I. 473.
Santelholz, gelbes I. 470. II. 466.
- rothes I. 470. II. 466.
Santorinerde II. 251.
Sassafrasholz I. 472.
Sauerdornholz I. 467.
Sauerkirschbaum I. 464.
Satinholz I. 469.
Saxifrangin I. 187.
Schaarschindeln I. 483.
Schachtgemäuer II. 10.
Schachtofen (Eisenguss) II. 25.
- (Kupfer) II. 110.
Schachtraum II. 10.
Schalenguss II. 27. 28.
Scharsachstahl II. 78.
Schaumkalk I. 59.
Scheele's Grün II. 471.
Scheibenbank II. 99.
Scheibendrähte II. 155.
Scheibenglas II. 425.
Scheibenreissen II. 113.
Scherbenkalk I. 63.
Schiefer kryst. I. 36.
Schieferdachstifte II. 106.
Schiefergrün II. 471.
Schieferletten I. 126. 131.
Schiefernägel II. 104.
Schieferthon I. 126.
Schienennägel II. 62.
Schiessbaumwolle I. 182.
Schiffsnägel II. 104.
Schiffsblech II. 120. 121.
Schiffsleim II. 397.
Schiffswurm I. 543.
Schilfsandstein I. 88.
Schilfpalme I. 477.
Schindeln I. 483.
Schindelnägel II. 104.
Schirbelstahl II. 49.
Schlacken II. 12. 15. 17.
Schlackenbildung II. 10. 15. 17.
Schlackenleiste II. 12.
Schlackenmörtel II. 35.
Schlackenpuddeln II. 42.
Schlackenschmelzen (Blei) II. 145.
Schlackenstein I. 409. II. 35.
Schlackentrift II. 12.
Schlackenwolle II 35.
Schlämmen I. 221.
Schlämmvorrichtung I. 221.
Schlagbarkeit (Holz) I. 440.
Schlagzeit I. 475.
Schlamm I. 102.
Schlangenholz I. 472.
Schlangenstein I. 23.
Schlauchblech II. 120. 121.
Schlehdornholz I. 467.
Schellack II. 396.
Schleifen (Gesteine) I. 200.
- Stuckmarmor I. 402.
Schlichblei II. 148.
Schlick, Schluff I. 119. 131. 217.
Schlickeysen, Ziegelmaschine I. 251.
Schlossblech II. 88.
Schlossnägel II. 104.
Schlottengyps I. 80.
Schmauchofen I. 317.
Schmauchprozess I. 286.
Schmelzofen (Bronze) II. 85. 161.
Schmiedbares Eisen II. 5. 37.
Schmelzpunkt (Blei) II. 148.
- (Kupfer) II. 119.
- (Roheisen) II. 20.
- (Zink) II. 130.
- (Zinn) II. 140.
Schmiedeeisen II. 37. 49. 53.
- hartes II. 49.
- sehniges II. 49.
- weiches II. 49.
Schnabelpilz I. 434.
Schneideblöcke I. 480.
Schnitteisen II. 53.
Schnittholz I. 478. 480.
Schnüren (Sprengen) I. 173.
Schöpfherd II. 16.
Schörlgranit I. 15.
Schörlquarzit I. 15.
Schrattenkalk I. 63. 67.

Schraubenbolzen II. 62.
Schreibtinte II. 477.
Schreinerstifte II. 105.
Schriftgranit I. 15.
Schubfestigkeit (Holz) I. 568.
- (Steinmaterial) I. 157.
- (Metalle) II. 214.
Schürbeleisen II. 60.
Schüsselblech II. 88.
Schüttgelb II. 450.
Schutz gegen Fäulniss I. 508.
- - Feuer I. 546.
- - Hausschwamm I. 538.
- - Raupenfrass I. 545.
- - Rost II. 31. 93.
- - Wurmfrass I. 545.
Schwanzhammer II. 48.
Schwarzbleche II. 88.
Schwarzebenholz I. 468.
Schwarze Kreide I. 44. II. 476.
Schwarzer Kalk II. 278.
Schwarze Farben II. 475.
Schwarzer Marmor I. 56.
- Porphyr I. 28.
Schwarzfärben der Ziegel I. 393.
Schwarzgraues Roheisen II. 19.
Schwarzkupfer II. 112.
Schwarzmessing II. 154.
Schwarzpappel I. 460.
Schwedenstein I. 101.
Schwedische Fliesen I. 56.
Schwedisches Grün II. 471.
Schwedisches Windfrischen II. 47.
Schwefelblei II. 141. 476.
Schwefelkies II. 7.
Schwefelsaures Zink (Imprägn.) I. 514.
Schwefeltheer II. 486.
Schwefelzink II. 123.
Schweinfurter Grün II. 471.
Schweisseisen II. 5.
Schweissen, Stabeisen II. 38. 53.
- Stahl II. 81.
Schweissofen II. 49.
Schweissstahl II. 5. 69.
Schwelleichen I. 483.
Schwellenwagen I. 534.
Schwemmsteine I. 407.
Schwenkguss II. 28.
Schwere des Holzes 554.
Schwermetalle II. 1.
Schwinden des Holzes I. 484.
Schwindmass des Holzes I. 486.
- beim Metallguss II. 33.
Schwingungsfestigkeit II. 193.
Scott's Selenit II. 304.
Sechstelholz I. 482.
Seewurm I. 543.
Seile II. 497.
Seidenholz I. 469.
Seifenzinn II. 138. 139.
Seladonit II. 470.
Selbstkoksender Hohofen II. 14.
Selenit II. 304.
Senklerblech II. 88.
Sepia II. 473.
Septarien I. 75.
Seranculin I. 54.
Sericitschiefer I. 43.
Serpentin I. 23.
- arten I. 24.
Serpentinfels I. 23.
Sewenkalk I. 63. 68.
Sewenmergel I. 76.
Siccatif II. 479.
Siderisches Eisen II. 6.
Siderodendron triflorum I. 472.
Siemens Schmelzofen II. 44. 85.
Silber II. 1.
Silberblick II. 147.
Silberimitation II. 165.
Silberpappel I. 459.
Silberstahl II. 76.
Silbertanne I. 445.
Silikat (Anstrichfarbe) II. 435.
Silikatisation II. 436.
Sirex gigas I. 544.
Siringa vulgaris I. 466.
Slavonischer Hanf II. 497.
Slovakischer Hanf II. 497.
Smalte II. 458.
Smaragdgrün II. 472.
Sodakalk I. 538.
Sohlstein II. 12.
Solenhofen (Platten) I. 62.
Sommereiche I. 450.
Sommerlinde I. 458.
Sorbus aucuparia I. 466.
Sorel's Kitt II. 400.
Sortiren (Stahl) II. 74.
Spaltbarkeit (Holz) I. 554.
Spalten (Gesteine) I. 188.
Spaltholz I. 478.
Spanischbraun II. 474.
Spanneisen II. 54.
Sparkalk II. 271.
Spatheisenstein II. 17.
Spezialstahl II. 76.
Spezifisches Gewicht
von adouzirten Roheisen II. 29.
- Blei II. 148.
- Holz I. 552.
- Gesteinen I. 169.
- Kupfer II. 119.
- Messing II. 153.
der Metalle II. 168.
von Roheisen II. 20.
- Schmiedeisen II. 53.
- Stahl II. 82.

Spezifisches Gewicht
von Zink II. 130.
- Zinn II. 140.
Spectonklay I. 115.
Speis II. 262.
Sperrkegelstahl II. 102.
Sphärosiderit II. 6.
Spiegeleisen II. 5. 18. 75.
Spiegelglas II. 423.
Spiegelholz I. 430.
Spiegelfläche I. 430.
Spiegelklüfte I. 435.
Spiegelspaltflächen I. 555.
Spiegelstein I. 79.
Spindelbaumholz I. 466.
Splintholz I. 432.
Splintfäule I. 435.
Sprengen (Gesteine) mit Keilen I. 188.
- - mit Nitrochemikalien I. 172.
- - mit Pulver I. 171.
- - unter Wasser I. 177.
Sprenggallerte I. 185.
Sprengpulver I. 182.
Sprengpulversurrogate I. 182.
Sprengpulver, verbessertes I. 183.
Springen des Holzes I. 487.
Sprockes Holz I. 435.
Sprudelstein I. 99.
Spundnägel II. 104.
Spurstein II. 111.
Staakhölzer I. 483.
Stabeisen II. 4. 37. 49. 54 87.
Stabeisen (Tabelle) II. 54.
Stachelschweinholz I. 473.
Stärkekleister II. 390.
Stärkekitt II. 390.
Stahl II. 49. 69.
Stahlblau II. 461.
Stahlbronze II. 157.
Stahldraht II. 102.
Stahlfrischen II. 70.
Stahlguss II. 86.
Stahlkopfschiene II. 64.
Stahllegirungen II. 75.
Stahlprobe II. 82.
Stahlroth II. 468.
Stahlschmelzen II. 86.
Stahlstein II. 6.
Stangeneisen II. 54.
Staniol II. 140.
Staphylea pinnata I. 467.
Starkes Bauholz I. 479.
Staubgrün II. 471.
Stauchbärte II. 64.
Statuario Carrara I. 51.
- di Falcovaja I. 51.
- venato I. 52.
Statuenbronze II. 151. 158.
Stechpalmenholz I. 466.
Steinätzen I. 201.
Stegkette II. 183.
Stehender Kalkofen II. 242.
Steinbearbeitungsmaschine I. 196.
- von Anderson I. 197.
- von Holmes I. 196.
- von Ransome I. 196.
Steinblöcke (Beton) I. 399.
Steinbrechmaschine I. 201.
- von Archer I. 203.
- von Blake I. 201.
- von Camroux I. 204.
- von Schwarzkopf I. 202.
Steinbruch (Marcussis) I. 190.
Steineiche I. 450.
Steinfärben I. 200.
Steinkalk II. 237.
Steinkitt II. 300. 303.
Steinkohlenhohofen II. 14.
Steinkohlenschwarz II. 476.
Steinkohlentheer I. 515.
Steinkohlentheeröl I. 516.
Steinlinde I. 458.
Steinmergel I. 74.
Steinpappe II. 494.
Steinröstung II. 115.
Steinsäge I. 198.
Steinschleifen I. 200.
Steintuff I. 96.
Steinweichsel I. 464.
Stemmmaschine I. 502.
Stereochromie II. 438.
Stich (Hohofen) II. 12.
Stichherd II. 16.
Stichöffnung II. 12.
Stichsohle II. 41.
Stichstein II. 41.
Stieleiche I. 450. 483.
Stilpnosiderit II. 4.
Stinkmergel I. 74.
Stirnhammer II. 48.
Stockfäule I. 435.
Stopferde I. 132.
Strahlenrisse I. 435.
Strahliges Eisen II. 18.
Strass II. 421.
Strauchholz I. 484.
Streifiges Eisen II. 19.
Streckeichen I. 483.
Striatakalk I. 59.
Stricke II. 497.
Stringocephalenkalk I. 53.
Stroh II. 500.
Strontium II. I.
Strychnos colubrina I. 472.
Stubensandstein I. 89.
Stuck (Stucco) II. 385.

Stuckmarmor I. 403.
Stuckolustro I. 405.
Stückgut II. 151. 157.
Stückmessing II. 152.
Stückofen II. 37.
Stukaturlatten I. 482.
Sturzbleche II. 87.
Suluschmelzen II. 111.
Sumach II. 450
Sumpfceder, Cypresse I. 448.
Süsswasserquarz I. 39.
Süsswasserthon I. 116.
Swietenia-Mahagoni I. 467.
Syenit I. 27.
- Granit I. 16. 21.
- Porphyr I. 27.
- porphyrartiger I. 21.
S-Ziegel I. 275. 385.

T.

Tabakblei II. 151.
Tabellen über Hohofendimensionen II. 15.
- - Gewichte aus Gussstücken II. 32.
- - Stabeisensorten II. 94.
- - gewalzt. Federstahl II. 84.
- - Eisenbleche II. 89.
- - Zinkbleche II. 131.
- - Elasticitätsmodul II. 173.
- - Zug und Druck bei Metallen II. 176.
- - Drahtseile II. 181.
- - Ketten II. 185.
- - Tragfähigkeit eiserner Träger II. 198, 207.
- - Eisenbahnschienen II. 210.
- - Torsion II. 221.
Tafelbretter I. 482.
Tafelglas II. 425.
Tafelmessing II. 152. 154. 155.
Tafelpappe II. 494.
Tafelschiefer I. 44.
Talkschiefer I. 41.
Tamtam II. 158.
Tanne (Edel-) I. 445.
Tannenholz I. 446.
Tantal II. 1.
Tapezirerstifte II. 106.
Tassenblech II. 88.
Taue II. 497.
Taxodium distichum I. 448.
Taxus I. 448.
Taxus baccata I. 448.
Teakbaum I. 451.
Tectonia grandis I. 451.
T-Eisen II. 54. 61. 207.
Tegel I. 116. 132.
Telegraphendraht II. 101.
Tellerblech II. 88.
Tellur II. 1.
Tellurisches Eisen II. 6.
Tempern II. 29.
Tenardsblau II. 458.
Terebratula-Kalk I. 59.
Teredo navalis I. 543.
Terpentinfirniss II. 480.
Terra cotta I. 286. 371.
Terra di Sienna II. 468.
Tertiäre Formation I. 43.
Textur des Stahls II. 78.
Thätiger Mörtel II. 272.
Thallium II. 1.
Theer I. 515.
Theerfarben II. 476.
Theergalle II. 228.
Theeröl I. 516.
Theerschwarz II. 372.
Thon I. 107.
- belgischer I. 379.
- feuerbeständiger I. 124.
- v. Garnkirk I. 112. 377.
- v. Grünstadt I. 379.
- hessischer I. 380.
- v. Mönchsberg I. 380.
- v. Mühlheim I. 112. 379.
- v. Niederpleis I. 380.
- plastischer I. 124.
- v. Saarau I. 377. 378.
- schmelzbarer I. 136.
- weisser I. 114.
- v. Zettlitz I. 378.
Thonbereitungsmaschine I. 225.
Thoneisenstein II. 6.
Thonerdebornatronglas II. 420.
Thongallen I. 87.
Thonmergel I. 74. 129.
Thonerde I. 128.
Thonporphyr I. 26.
Thonsandstein von Andenne I. 112.
Thonschiefer I. 43.
Thonschneider II. 223.
Thonsteinporphyr I. 26.
Thonwalzwerke I. 224.
Thorium II. 1.
Thuja articulata I. 471.
Tiegel, feuerfeste II. 24.
Tiegelguss II. 73.
Tilia I. 458.
- europaea I. 458.
- parvifolia I. 458.
Till I. 132.
Tischlerleim II. 388.
Tischlerstifte II. 106.
Titan II. 1.

Titanstahl II. 76.
Todtenkopf II. 468.
Todter Mörtel II. 272.
Todtgebrannter Kalk II. 238.
Todtliegendes I. 86.
Tomback II. 152.
Topfstein I. 47.
Torsionsfestigkeit II. 220.
Töpfe (Hohlziegel) I. 368.
Töpferthon I. 127.
Trachyt I. 29.
- erdiger I. 29.
Trachytbreccie I. 96.
Trachytgesteine I. 29.
Trachytkonglomerat I. 96.
Trachytporphyr I. 29.
Trachyttuff I. 96.
Tragantgummi II. 390.
Tragbalken, eiserne II. 62.
Tragfähigkeit des Holzes I. 558.
- der Taue II. 499.
Tragfestigkeit II. 192.
Tragkraft II. 197.
Tragmodul I. 558. II. 173.
Transport des Holzes I. 478.
Trappgesteine I. 32.
Trapptuff I. 97.
Trass I. 89. II. 234.
Trassirschnüre II. 500.
Traubeneiche I. 450.
Trauerblumenblech II. 88.
Traueresche I. 455.
Travertin I. 99.
Treibarbeit II. 142.
Treiben des Portland-Cementes II. 318.
Treibherd II. 147.
Trichila spondioides I. 473.
Triebketten II. 183.
Triebseil II. 500.
Triebstahl II. 102.
Trochiten-Kalk I. 59.
Trockenapparat für Schiffbauholz I. 494.
Trockenheitszustand d. Gesteine I. 166.
Trockenkammer I. 491. 502.
Trockenofen (Bock) I. 288.
- (Holz) I. 492.
- (Ziegelwaaren) I. 287.
Trockenpuddeln II. 42.
Trockenscheune I. 285.
Trockenspalten I. 487.
Trockensteine I. 270.
Trocknen d. Ziegelwaaren I. 284.
Tropfzink II. 129.
Trümmergesteine I. 93.
Trümmermarmor I. 53. 98.
Trümmerporphyr I. 27.
Tümpel II. 12.
Tümpelblech II. 12.
Tümpeleisen II. 12.
Tümpelstein II. 12.
Tünchernägel II. 104.
Tüpfelzellen I. 421.
Tuffe I. 93.
Tuffziegel I. 367.
Turbenitenkalk I. 59.
Turgit II. 6
Turner's Gelb II. 452.
Tusche II. 475.
Tyrolergrün II. 471.

U.

Uchatius Stahl II. 74.
Ueberfangen (Glas) II. 429.
Uebergangskalk I. 52.
Uebergares Roheisen II. 16. 19.
Ulme I. 453.
Ulmenholz I. 454.
Ulmus campestris I. 453.
- effusa I. 454.
Ultramarin II. 460.
Ultramaringrün II. 472.
Umbra II. 474.
Umschmelzen des Eisens II. 24. 26.
- in Tiegeln II. 27.
Unbeschlagenes Holz I. 478.
Unedle Metalle II. 1.
Unganzes Eisen II. 52.
Ungarisches Eichenholz I. 451.
- Eschenholz I. 455.
Ungarisch-Grün II. 471.
Ungebrannte künstliche Steine I. 396.
Ungelöschter Kalk II. 238.
Universal Holzbearbeitungs-Maschine I. 502.
Untergestell II. 10.
Untersuchung der Ziegelerde I. 211.
Uran II. 1.
Urkalk I. 48.
Ursprungsfestigkeit II. 192.
Urthonschiefer I. 42.

V.

Vanadin II. 1.
Vandyck's Roth II. 467.
Verde antico I. 48. II. 159.
- d'Egitto I. 51.
- di Corsika I. 25.
- di Prato I. 24.
- di Susa I. 24.
Verbindungsmaterialien II. 227.
Verbleien II. 95. 96.
Verbrannter Stahl II. 82.
Verbranntes Eisen II. 52.
Verkohlen (Holz) I. 509.
Verkupfern II. 95. 97.
Verkupferungsflüssigkeit II. 135.
Vermoderung (Holz) I. 505.

Verschiebungsfestigkeit (Holz) I. 568.
Vernickeln II. 95. 98.
Verschlagnägel II. 104.
Veroneser Gelb II. 349.
- Grün II. 470.
Verstählen v. Kupferplatten II. 121.
Versteinerter Cement I. 400.
Versteinerungen führende schichtige Felsarten I. 43.
Verwerfen des Holzes I. 487.
Verwesen (Holz) I. 505.
Verwitterung der Gesteine I. 140.
Verwitterungsfähigkeit der Gesteine I. 146.
Verzinken II. 95. 97.
Verzinkte Bleche II. 92.
Verzinkter Eisendraht II. 101.
Verzinnen II. 81. 95. 140.
Verzinnte Bleiröhren II. 150.
Victoriasteine I. 400.
Vierkannteisen II. 54. 57. 60.
Vigorit I. 188.
Villacher Blei II. 148.
Vilserkalk I. 66.
Violetta antica I. 56.
Violette Farben II. 477.
Virginischer Wachholder I. 449.
Virgloriakalk I. 63.
Vitriolerz II. 142.
Vivianit II. 7.
Vogelbeerholz I. 466.
Vogelkirsche I. 464.
Vorderblech II. 88.
Vulkanischer Sand I. 103.
Vulkanisirter Kautschuk II. 488.
Vulkanit II. 490.

W.

Wachholder, Virginischer I. 449.
Wachspalme I. 474.
Wacke I. 98.
Wad II. 473.
Wärmeleitungsvermögen der Gesteine I. 167.
Wagenbüchsenbleche II. 90.
Wagnerstifte II. 106.
Waid II. 454.
Waldgärtner I. 542.
Waldholz I. 485.
Waldmoos II. 502.
Waldrisse I. 435.
Walkererde I. 114.
Wallonenfrischen II. 40.
Wallstein II. 12.
Wallsteinplatte II. 12.
Walzeisen II. 53.
Walzenglas II. 442.
Walzkupferblech II. 120.
Wasser (zum Mörtel) II. 264.
Wasserglas I. 546.
- präparirtes II. 334.
Wasserglasanstriche II. 433.
Wasserglaskitt II. 338.
Wassergrün II. 471.
Wasserleitungsröhren (Gusseisen) II. 33. 150.
- (Holz) I. 488.
Wasserlinde I. 458.
Wassermörtel II. 263.
Wassermoos II. 502.
Wasserzünder, doppelte I. 173.
Wau II. 450.
Wealdenthon I. 131.
Wegdornholz I. 466.
Weichblei II. 148.
Weicher Stahl II. 51.
Weichfloss II. 19.
Weichmachen II. 148.
Weichselbaum I. 464.
Weide I. 460.
- weisse I. 460.
Weidenbohrer I. 544.
Weidenholz I. 461.
Weingeistfirniss II. 479.
Weinlatten I. 482.
Weirauchkiefer I. 443.
Weissbleche II. 88. 95.
Weissbleierz II. 141.
Weissbuche I. 452.
Weissbuchenholz I. 453.
Weissdornholz I. 467.
Weisse Farben II. 445.
Weisses Spiegeleisen II. 18.
Weissfaules Holz I. 506.
Weissfäule I. 434.
Weissgares Eisen II. 19.
Weisskalk II. 260.
Weissliegendes I. 86.
Weissmessing II. 152.
Weissofen II. 44.
Weisspappel I. 459.
Weisstanne I. 445.
Weisstannenholz I. 446.
Wellenbleche II. 90.
Wellendolomit I. 59.
Wellenkalk I. 59.
Werfen des Holzes I. 487.
Werftweide I. 461.
Werkblei II. 146. 148.
Werkholz I. 484.
Werkzeugstahl II. 76. 84.
Werkzink II. 129.
Werthbestimmung des feuerfesten Thons I. 376.
Westmanns Gasröstofen II. 9.
Wettersteinkalk I. 63.
Wetzschiefer I. 44.
Weymouthskiefer I. 443.

Widerstand gegen Zerdrücken bei Gesteinen I. 156.
- - Bruch I. 157.
- - Druck I. 156.
- - Zug I. 155.
Wienerblau II. 458.
Wienersandstein I. 91.
Wiesenerz II. 6.
Wiesengrün II. 471.
Wiesenmergel II. 306.
Windformen II. 112.
Windofen II. 151.
Windfrischprozess II. 39.
- englischer II. 45.
- schwedischer II. 45.
Windzacken II. 41.
Winkeleisen II. 54. 61.
Wintereiche I. 350.
Winterlinde I. 458.
Wismut II. 1.
Wocheinit I. 384.
Wolfram II. 1.
Woframstahl II. 76.
Wolfsstahl II. 70.
Wolfszacken II. 41.
Wootz II. 75.
Wurflatten I. 482.
Wurfprobe II. 68.
Wurmfrass II. 541.
Wurmtrockniss I. 542.
Wurzelbrand I. 435.

X.

Xenodochus ligniperda I. 434.
Xylochromische Produkte I. 548.
Xyloplastische Produkte I. 548.

Y.

Yellow pine I. 444.
Ystalyfera (Hohofen) II. 15.

Z.

Zacken II. 39.
Zähigkeit der Metalle II. 178.
Zängen II. 43. 48.
Zangenbank II. 99.
Zapfen- und Nuthfräsmaschine I. 502.
Zechstein I. 58.
Zechsteingyps I. 80.
Zeder I. 447.
Zedernholz I. 447.
- unächtes I. 447.
- westindisches I. 447.
Zellendolomit I. 78.
Zeichenschiefer I. 44.
Zeiodelit II. 396.
Zellulose I. 551.
Zeolithpappe II. 496.
Zerdrückungsgewicht von ausgeführtem Mauerwerk I. 395.
Zerdrückungsgewicht der Backsteine I. 395.
- des Mörtels I. 330. 333.
Zersprengen der Gesteine durch Feuer I. 170.
Zettlitz, Thon von — I. 378.
Ziegel I. 205.
Ziegelerde I. 127.
Ziegelthon I. 119. 127.
Ziegellehm I. 119.
Ziegelmehl (Cement) II. 291.
Ziegelofen v. Angebault-Justeau I. 327.
- - Barbier & Colas I. 353.
- - Bock I. 337. 349.
- - P. Borie I. 336.
- - Bührer & Hamel I. 327. 351.
- Casseler I. 295.
- v. Escherich II. 256.
- Etagenofen I. 294.
- von Fikentscher & Menzing I. 298.
- - Fries u. Gottgetreu I. 300.
- - Gibbs I. 303.
- holländischer I 293.
- von Licht & Hoffmann I. 313.
- - Mendheim I. 345.
- - Müller & Gilardoni I. 335.
- Münchener I. 291.
- von Nehse I. 347.
- - Peclet I. 304.
- - F. Steinmann I. 342.
- mit Ueberfeuerung I. 296.
- Ville neuve le roi I. 306.
Ziegelpresse von Bawden I. 238.
- - Bradley & Craven I. 253.
- - Cazenave I. 240.
- - Chaubers I. 249.
- - H. Clayton I. 236. 241. 267.
- - M. D. Deck I. 235.
- - R. A. Douglas I. 266.
- - Durand I. 266.
- - Gilardoni I. 281.
- - Gofford I. 229.
- - J. Gregg I. 264.
- - Hertel I. 246.
- - Hess I. 261.
- - Jordan I. 253.
- - J. A. Julienne I. 230.
- - Murray I. 245.
- zum Nachpressen I. 233.
- von Oates I. 259.
- - Platt I. 257.

Ziegelpresse von Pollack I. 273.
- - Sachsenberger I. 243.
- - Schlickeysen I. 251.
- - Schmerber I. 252. 281.
- - Weise & Monski I. 239.
- - Wynn & Mytinger I. 239.
Ziegelschlagen I. 227.
Ziegelstein I. 364.
Ziegelsteine, engobirte I. 365.
- feine I. 364.
- geschnittene I. 364.
Ziegelsteine, leichte I. 367.
- nachgepresste I. 367.
- ordinäre I. 364.
- poröse I. 367.
Ziegelsteinmass I. 364
Ziehbank II. 99.
Ziehen des Holzes I. 484.
Zink II. 122.
Zink (Geschichtliches) II. 122.
Zinkblech II. 130.
Zinkblende II. 123.
Zinkchlorid I. 514.
Zinkdraht II. 123.
Zinkerze II. 123.
Zinkgewinnung II. 123.
Zinkgiesserei II. 137.
Zinkgrau II. 446.
Zinkgusswaaren II. 133.
Zinkkitt II. 400.
Zinknägel II. 133.
Zinköfen II. 125. 129.
Zinkoxyd II. 123. 133.
Zinksalze (Imprägniren) I. 514.
Zinkspath II. 123.
Zinkweiss II. 130.
Zinn II. 138.
Zinnfolie II. 140.
Zinngiesserei II. 140.
Zinngraupe II. 138.
Zinnröhren mit Bleimantel II. 150.
Zinnstein II. 138.
Zirkonium II. 1.
Zirkonsyenit I. 21.
Zitronenholz I. 470.
Zitterpappel I. 459.
Zopissa-Cement II. 249.
Zorès-Eisen II. 54. 62.
Zuckerbirke I. 458.
Zuckerkistenholz I. 468.
Zugfestigkeit der Bleche II. 179.
- des Drahts II. 179.
- der Drahtseile II. 180.
- der Gesteine I. 155.
- der Phosphorbronze II. 163.
- der Ketten II. 185.
Zugleinen II. 500.
Zulässige Belastung der Metalle II. 174.
Zuschläge II. 10.
Zürbelkiefer I. 443.
Zweckmässiges Bearbeiten des Holzes I. 400.
Zweidupfstahl II. 78.
Zwetschen Baum I. 464.
Zwiebelmarmor I. 51.
Zylinderglas II. 326.
Zypresse I. 447.
Zypressenholz I. 448.

Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

